



TUGAS AKHIR - MN141581

DESAIN KAPAL WISATA KATAMARAN UNTUK KEPULAUAN KARIMUNJAWA

WISNU ARIANTO
NRP. 4112 100 040

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



TUGAS AKHIR - MN141581

DESAIN KAPAL WISATA KATAMARAN UNTUK KEPULAUAN KARIMUNJAWA

WISNU ARIANTO
NRP. 4112 100 040

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT - MN141581

DESIGN TOUR BOAT CATAMARAN FOR THE KARIMUNJAVA

WISNU ARIANTO
NRP. 4112 100 040

Supervisor
Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL WISATA KATAMARAN UNTUK KEPULAUAN KARIMUNJAWA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

WISNU ARIANTO
NRP. 4112 100 040

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing,



Prof. Ir. Diauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D

NIP. 19601202 1987011 001

SURABAYA, JANUARI 2016

LEMBAR REVISI
DESAIN KAPAL WISATA KATAMARAN UNTUK
KEPULAUAN KARIMUNJAWA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 13 Januari 2016

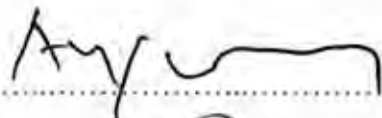
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

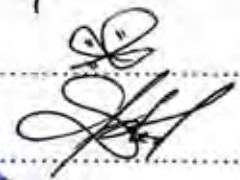
WISNU ARIANTO
NRP. 4112 100 040

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.



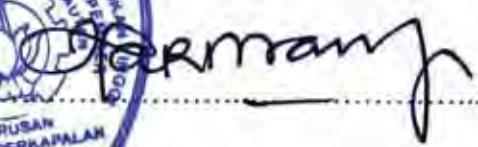
Hasanudin, S.T., M.T.



Septia Hardy Sujatanti, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D.



SURABAYA, Januari 2016

*This final project is dedicated to Mom, Dad and my brothers.
my best friends, my close friend, my supporters and my lifetime heroes,
thanks for everything.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya, Tugas Akhir yang berjudul **“Desain Kapal Wisata Katamaran Untuk Kepulauan Karimunjawa”** ini dapat selesai dengan baik. Tidak lupa, pada kesempatan ini, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah berkenan meluangkan waktu, memotivasi dan membagikan ilmunya dalam membimbing pengerjaan Tugas Akhir;
2. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK–ITS;
3. Orang tua dan kakak penulis: Bapak Subroto, Ibu Sri Hari Mujiati, dan Guntur Fatoni, Adhi Setyo Wibowo, Irfan Kurniawan atas dukungan dan doa untuk penulis;
4. Nasril, Handy, dan Erlangga atas bantuan fisik dan pemikiran saat proses pengerjaan Tugas Akhir;
5. Kawan–kawan terbaik yang selalu mendukung dan berbagi selama masa kuliah : *Dream Team*.
6. Rekan–rekan P52 FORCASTLE, KOPMA ITS, HIMATEKPAL, dan rekan satu dosen wali yang telah memberikan pembelajaran berharga dalam hidup saya.
7. Rekan-rekan satu dosen bimbingan Tugas Akhir yang selalu menjadi *partner* terbaik untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini serta nama-nama lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Januari 2016

Wisnu Arianto

DESAIN KAPAL WISATA KATAMARAN UNTUK KEPULAUAN KARIMUNJAWA

Nama Mahasiswa : Wisnu Arianto
NRP : 4112 100 040
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc.,Ph.D

ABSTRAK

Karimunjawa adalah sebuah kecamatan di Jepara, Jawa Tengah yang terbentuk kepulauan di tengah Laut Jawa. Berjarak sekitar 83 KM di utara kota Jepara. Potensi wisata utama dari Kepulauan Karimunjawa adalah keindahan lautnya. Karena potensi wisata taman laut tersebut, kepulauan ini ditetapkan sebagai salah satu taman nasional Indonesia 2001. Tempat wisata yang telah ditetapkan sebagai taman laut nasional Indonesia ini mempunyai lebih dari 90 jenis karang laut, dan lebih dari 240 jenis ikan. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mendesain sebuah kapal katamaran yang digunakan sebagai sarana wisata di Kepulauan Karimunjawa. Secara umum katamaran memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan kapal *monohull*. Luas geladak dari katamaran lebih luas dibandingkan kapal *monohull*. Stabilitas kapal katamaran lebih baik dan tidak perlu menggunakan ballast untuk menjaga stabilitas kapal. Sudut oleng pada kapal katamaran relative rendah (0° - 8°) sehingga meningkatkan rasa nyaman dan tidak mudah terkena mabuk laut. Dalam prosesnya desain kapal ini dengan melakukan optimisasi pada ukuran utama kapal dengan menggunakan metode kapal pemanding dan fungsi objektif untuk meminimumkan biaya pembangunan kapal. Proses optimisasi ini dengan penentuan variable, parameter, dan batasan-batasan sesuai kondisi di Perairan di Kepulauan Karimun Jawa. Desain kapal ini juga turut diperhitungkan secara teknis maupun ekonomis. Hasil optimisasi ukuran utama adalah $L_{pp} = 17.02$ m, $B = 9.92$ m, $T = 0.832$ m, $H = 2.5$ m, $B_1 = 1.705$ m, $C_B = 0.371$, dan $V_s = 15$ knot. Dari ukuran utama tersebut kemudian dibuat gambar rencana garis dan gambar rencana umum. Biaya pembangunan kapal sebesar Rp 2.852.613.709,35

Kata Kunci : Katamaran, Karimunjawa, Optimisasi

DESIGN TOUR BOAT CATAMARAN FOR THE KARIMUNJAVA

Author : Wisnu Arianto
ID No. : 4112 100 040
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering /
Marine Technology
Supervisor : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D

ABSTRACT

Karimunjawa is a sub-districts in Jepara, Central Java, which formed islands in the Java Sea. Located about 83 KM north of the town of Jepara. The main tourism potential of Karimunjawa is the beauty of the sea. Because the tourism potential of the marine park, the island was designated as a national park Indonesia 2001 tourist place which has been designated as a national marine park Indonesia has a more than 90 types of coral and over 240 species of fish. The purpose of this final project is to design a catamaran vessel which is used as a means of travel in Karimunjawa. Generally catamarans have several advantages when compared with monohull vessel. Spacious deck of the catamaran wider than monohull vessel. Catamarans better stability and no need to use ballast to stabilize the ship. Roll angle on catamarans relatively low (0° - 8°) so that increasing comfort and less susceptible to seasickness. In the process of ship design is by doing optimization on the size of the main vessel using ship comparators and the objective function to minimize the cost of ship construction. This optimization process with determining variables, parameters, and limits according to the conditions in the waters in Karimunjawa. Ship design is also taken into account technically and economically. The main outcome measure is the optimization $L_{pp} = 17.02$ m, $B = 9.92$ m, $T = 0.832$ m, $H = 2.5$ m, $B_1 = 1.705$ m, $CB = 0.371$, and $V_s = 15$ knots. From the main measure is then created drawing the outline plan and general plan drawings. Vessel construction costs Rp 2.852.613.709,35

Keywords : Catamaran, Karimunjawa, Optimisation

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Tujuan	3
I.4. Manfaat	3
I.5. Batasan Masalah	3
I.6. Hipotesis	4
I.7. Sistematika Laporan	4
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
II.1. Gambaran Umum.....	7
II.2. Teori Desain Kapal	7
II.2.1. <i>Concept Design</i>	8
II.3. Metode Desain Kapal.....	8
II.3.1. Constrained Non-Linear Optimization Technique	9
II.3.2. Generalized Reduced Gradient Method.....	10
II.4. Katamaran.....	12
II.4.1. Jenis Lambung Katamaran.....	14
II.4.2. Bentuk Lambung Katamaran	15

II.5. Faktor Teknis Desain Kapal	16
II.5.1 Penentuan Ukuran Utama	16
II.5.2 Perhitungan Hambatan.....	17
II.5.3 Perhitungan Kebutuhan Daya Penggerak	17
II.5.4 Perhitungan Berat	18
II.5.5 Perhitungan Stabilitas	18
II.6. Faktor Ekonomis Desain Kapal.....	20
II.6.1 Biaya Pembangunan	20
II.6.2 Biaya Operasional.....	20
II.7. Pembuatan Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>).....	20
II.8. Pembuatan Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>)	22
II.9. Tinjauan Terhadap Hasil Riset Sebelumnya	23
BAB III	25
METODOLOGI PENELITIAN.....	25
III.1. Metode Pengerjaan	25
III.2. Langkah Pengerjaan	26
III.2.1 Pengumpulan Data.....	26
III.2.2 Studi Literatur	26
III.2.3 Analisis Data Awal	27
III.2.4 Penentuan Ukuran Utama Awal	27
III.2.5 Pehitungan Teknis	27
III.2.6 Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum dan Gambar 3 Dimensi	27
III.2.7 Kesimpulan dan Saran	28
BAB IV	29
TINJAUAN DAERAH OPERASIONAL	29
IV.1. Tinjauan Umum Daerah	29
IV.2. Potensi Wisata Karimunjava	30
IV.2.1. Lokasi Wisata di Karimunjava Berdasarkan Ekosistem	31
IV.2.2. Tempat Yang Selalu Di Kunjungi Wisatawan.....	34
IV.3. Pemilihan Rute Kapal dan Penentuan Payload	35
IV.3.1. Rute Perjalanan Wisata.....	36
IV.3.2. Analisis Jumlah Penumpang.....	37

BAB V	41
ANALISIS TEKNIS DAN PEMBAHASAN	41
V.1. Penentuan <i>Design Requirement</i>	41
V.2. Penentuan Ukuran Utama Kapal	42
V.2.1. Komponen Model Optimisasi	42
V.2.2. <i>Layout</i> Awal Kapal	45
V.2.3. Langkah Proses Optimisasi	46
V.2.4. Hasil Optimisasi	50
V.3. Perhitungan Awal	50
V.3.1. Perhitungan <i>Froud Number</i>	51
V.3.2. Perhitungan <i>Displacement</i>	51
V.3.4. Perhitungan <i>Coefficient</i>	52
V.4. Perhitungan Hambatan Kapal Total (R_t)	53
V.4.1. <i>Catamaran Viscous Resistance Interference</i> ($1+\beta_k$)	54
V.4.2. <i>Viscous Resistance</i> (C_f)	55
V.4.3. <i>Catamaran Wave Resistance Interference</i> (τ)	56
V.4.4. <i>Wave Resistance</i> (C_w)	56
V.5. Perhitungan Power dan Pemilihan Mesin Induk	57
V.5.1. Perhitungan Power	57
V.5.2. Pemilihan Mesin Induk	59
V.6. Perhitungan Tebal Pelat Kapal	59
V.6.1. Perhitungan Tebal Pelat Lambung	60
V.6.2. Perhitungan Tebal pelat geladak	61
V.7. Perhitungan Berat Kapal	62
V.7.1. Perhitungan Berat DWT	62
V.7.2. Perhitungan berat LWT	63
V.8. Perhitungan <i>Freeboard</i>	66
V.9. Perhitungan Trim	68
V.10. Perhitungan Stabilitas	69
V.11. Pembuatan Rencana Garis	78
V.12. Pembuatan Rencana Umum	82
V.13. Gambar 3 Dimensi	83

BAB VI	85
ANALISIS EKONOMIS DAN PEMBAHASAN	85
VI.1. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal	85
VI.2. Perhitungan <i>Operational Cost</i>	89
VI.3. Perhitungan Biaya Investasi.....	90
VI.3.1. Perencanaan <i>Trip</i> Kapal.....	90
VI.3.2. Penentuan Harga Tiket.....	90
VI.3.3. Perhitungan <i>Net Present Value</i>	91
VI.3.4. Perhitungan Break Event Point.....	92
BAB VII.....	95
KESIMPULAN DAN SARAN.....	95
VII.1. Kesimpulan.....	95
VII.2. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN A :	PERHITUNGAN TEKNIS
LAMPIRAN B :	ANALISIS EKONOMIS
LAMPIRAN C :	<i>LINES PLAN, GENERAL ARRANGEMENT, GAMBAR 3 DIMENSI</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1. Kondisi Pantai Kepulauan Karimunjawa	1
Gambar II. 1. “ <i>The Spiral Diagram</i> ”	8
Gambar II. 2. Tampilan <i>tools</i> Solver pada Microsoft Excel.....	10
Gambar II. 3. Contoh kapal katamaran (Austal.com, 2013).....	13
Gambar II. 4. Kondisi oleng katamaran dan <i>monohull</i> pada <i>wave slope</i> yang sama	14
Gambar II. 5. Jenis Lambung Katamaran.....	15
Gambar II. 6. Bentuk Lambung <i>Round Bilge</i> dan <i>Hard Chine</i>	16
Gambar II. 7. Perbandingan Stabilitas Katamaran dan <i>Monohull</i>	19
Gambar II. 8. Contoh gambar <i>lines plan</i>	22
Gambar II. 9. Contoh gambar <i>General Arrangement</i>	23
Gambar III. 1. Diagram Alir Metodologi Pengerjaan	25
Gambar IV. 1. Peta Pulau Karimunjawa	29
Gambar IV. 2. Kawasan wisata di karimun jawa.....	30
Gambar IV. 3. Ekosistem bawah laut di Karimunjawa	33
Gambar IV. 4. Pulau Menjangan Besar (www.map.google.com.foto, 2011)	34
Gambar IV. 5. Rute perlayaran kapal wisata katamaran (sumber: Aplikasi Google Earth).....	36
Gambar IV. 6. Grafik Perkiraan Jumlah Wisatawan setiap tahun.....	38
Gambar V. 1. Layout Awal <i>Seating Arrangement</i> kapal wisata katamaran.....	46
Gambar V. 2. Letak menu Solver pada Microsoft Excel.....	47
Gambar V. 3. Tampilan jendela <i>tools</i> Solver	47
Gambar V. 4. Input <i>constraints</i> pada Solver	48
Gambar V. 5. Solver <i>options</i>	48
Gambar V. 6. Pemberitahuan ketika Solver berhasil melakukan optimisasi.....	49
Gambar V. 7. Hasil optimisasi ukuran utama pada Solver.....	50
Gambar V. 8. Kotak dialog <i>section calculation options</i>	70
Gambar V. 9. Peletakan tangki-tangki consumable tampak atas pada Maxsurf Hydromax	71
Gambar V. 10. Analisis density pada Maxsurf Hydromax.....	71
Gambar V. 11. Kotak dialog <i>criteria</i>	74
Gambar V. 12. Jendela Awal <i>Maxsurf</i>	79
Gambar V. 13. <i>Parent</i> kapal wisata katamaran	79
Gambar V. 14. Menentukan Ukuran Utama Kapal Pada <i>Size Surface</i>	79

Gambar V. 15. Mengatur <i>Stations, Buttock Lines Dan Waterlines</i>	80
Gambar V. 16. <i>Lines Plan</i> kapal wisata katamaran sebelum di <i>Export</i>	80
Gambar V. 17. Rencana Garis kapal katamaran	82
Gambar V. 18. Gambar <i>General Arrangement</i> kapal katamaran	83
Gambar V. 19. <i>3D Seating Arrangement</i> kapal wisata katamaran	84
Gambar V. 20. <i>Side View</i> kapal wisata katamaran	84

DAFTAR TABEL

Tabel IV. 1. Data Jarak dan Waktu Tempuh Pelayaran	37
Tabel IV. 2. Data Jumlah Kunjungan Wisatawan Ke Objek Wisata Taman Nasional Laut Karimunjawa Tahun (2008-2014).....	38
Tabel IV. 3. Perkiraan jumlah penumpang pada tahun 2008-2016	39
Tabel V. 1. Data Wisatawan Taman Nasional Laut Karimunjawa 2008-2014 menurut.....	41
Tabel V. 2. Data Kapal Pembanding <i>cruising catamaran</i> (boatingturkey.net,2013).....	42
Tabel V. 3. Batasan perbandingan ukuran utama kapal	44
Tabel V. 4. Batasan kapasitas kapal sesuai Hukum Archimedes	44
Tabel V. 5. Batasan-batasan stabilitas dan lambung timbul (<i>freeboard</i>) kapal.....	44
Tabel V. 6. Konstanta dalam proses optimasi	45
Tabel V. 7. <i>Parameter</i> yang dipakai pada model optimasi	45
Tabel V. 8. <i>Objective function</i> pada model optimasi	46
Tabel V. 9. Hasil optimisasi yang didapat dari Solver	50
Tabel V. 10. Harga β untuk tiga variasi S/B.....	54
Tabel V. 11. Harga $(1+k)$ untuk tiga variasi L/B1	55
Tabel V. 12. Harga τ untuk variasi L/B1, F_n , dan S/L	56
Tabel V. 13. Harga C_w untuk variasi F_n dan L/B1	56
Tabel V. 14. Data mesin utama yang digunakan.....	59
Tabel V. 15. Rekapitulasi hasil perhitungan tebal pelat.....	61
Tabel V. 16. Perhitungan komponen berat DWT	62
Tabel V. 17. Rekapitulasi hasil perhitungan DWT	63
Tabel V. 18. Perhitungan komponen berat LWT	63
Tabel V. 19. Rekapitulasi hasil perhitungan LWT	66
Tabel V. 20. Total berat DWT dan LWT	66
Tabel V. 21. <i>Freeboard</i> hasil dari perhitungan	68
Tabel V. 22. Posisi peletakan tangki-tangki consumable.....	70
Tabel V. 23. Data Kondisi Pemuatan (<i>Loadcase</i>) 1	72
Tabel VI. 1. Perhitungan harga baja kapal.....	85
Tabel VI. 2. Perhitungan harga <i>Equipment & Outfitting</i>	86
Tabel VI. 3. Perhitungan harga komponen kelistrikan	87
Tabel VI. 4. Rekapitulasi perhitungan biaya pembangunan kapal	88

Tabel VI. 5. Perhitungan koreksi keadaan ekonomi pada biaya pembangunan kapal.....	88
Tabel VI. 6. <i>operational cost</i> kapal wisata katamaran.....	89
Tabel VI. 7. Jumlah <i>trip</i> kapal wisata katamaran	90
Tabel VI. 8. Perencanaan harga tiket kapal wisata katamaran.....	91
Tabel VI. 9. Arti dari perhitungan NPV terhadap keputusan investasi yang akan dilakukan (en.wikipedia.org/NPV, 2013)	92
Tabel VI. 10. Perhitungan <i>Net Present Value</i>	92

DAFTAR SIMBOL

L	=	Panjang kapal (m)
Loa	=	<i>Length overall</i> (m)
L_{pp}	=	<i>Length perpendicular</i> (m)
L_{wl}	=	<i>Length of waterline</i> (m)
B_1	=	Lebar satu <i>hullcatamaran</i> (m)
T	=	Sarat kapal (m)
H	=	Tinggi lambung kapal (m)
B	=	Lebar keseluruhan kapal (m)
H	=	Tinggi keseluruhan kapal (m)
S	=	Lebar <i>demihull</i> (m)
V_s	=	Kecepatan dinas kapal (knot)
V_{max}	=	Kecepatan maksimal kapal (knot)
F_n	=	<i>Froud number</i>
R_n	=	<i>Reynolds number</i>
C_B	=	Koefisien blok
C_p	=	Koefisien prismatic
C_m	=	Koefisien midship
C_{wp}	=	Koefisien <i>water plane</i>
ρ	=	Massa jenis (kg/m^3)
g	=	Percepatan gravitasi (m/s^2)
Δ	=	<i>Displacement</i> kapal (ton)
∇	=	<i>Volume displacement</i> (m^3)
LCB	=	<i>Longitudinal center of bouyancy</i> (m)
VCG	=	<i>Vertical center of gravity</i> (m)
LCG	=	<i>Longitudinal center of gravity</i> (m)
LWT	=	<i>Light weight tonnage</i> (ton)
DWT	=	<i>Dead weight tonnage</i> (ton)
R_T	=	Hambatan total kapal (N)
WSA	=	Luasan permukaan basah (m^2)
ν	=	Koefisien viskositas kinematik (m^2/s)
β	=	Faktor interferensi hambatan gesek

τ	=	Faktor interferensi hambatan gelombang
$(1+\beta k)$	=	<i>Catamaran viscous resistance interference</i>
C_W	=	Koefisien hambatan gelombang
C_F	=	Koefisien hambatan gesek
C_T	=	Koefisien hambatan total
η	=	Koefisien dari efisiensi
EHP	=	<i>Effectif horse power</i> (hp)
THP	=	<i>Thrust horse power</i> (hp)
DHP	=	<i>Delivered horse power</i> (hp)
BHP	=	<i>Brake horse power</i> (hp)

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di dunia. Wilayah perairan Indonesia jauh lebih luas daripada daratannya. Dengan lebih dari 17.000 pulau yang dimiliki Indonesia wisata bahari menjadi salah satu hal yang sangat potensial. Banyak sekali pantai yang dapat di jadikan tempat wisata bahari baik dari segi keindahan pantai maupun keindahan terumbu karangnya.

Dari sekian banyaknya kawasan terumbu karang yang ada, Karimunjawa adalah sebuah kecamatan di Jepara, Jawa Tengah yang terbentuk kepulauan di tengah Laut Jawa. Berjarak sekitar 83 KM di utara kota Jepara, Kepulauan Karimunjawa terdiri dari 27 pulau, namun hanya 5 pulau yang berpenghuni. Potensi wisata utama dari Kepulauan Karimunjawa adalah keindahan lautnya. Karena potensi wisata taman laut tersebut, kepulauan ini ditetapkan sebagai salah satu taman nasional Indonesia 2001. Tempat wisata yang telah ditetapkan sebagai taman laut nasional Indonesia ini mempunyai lebih dari 90 jenis karang laut, dan lebih dari 240 jenis ikan. Di beberapa pulau juga dapat melihat hutan mangrove dan hutan pantai. Selain itu juga dapat menjumpai beberapa jenis satwa di daratan, misalnya rusa, kera, berbagai jenis burung, penyu, dan lain-lain.



Gambar I. 1. Kondisi Pantai Kepulauan Karimunjawa
(www.wisata-karimunjawa.com)

Setiap tahunnya jumlah wisatawan untuk Karimunjawa semakin meningkat, terutama untuk wisatawan bawah air. Hal ini tersebut membuktikan bahwa Karimunjawa memiliki pesona tersendiri bagi para wisatawan baik domestik maupun mancanegara. Secara ekonomis nilai keberadaan ekosistem-ekosistem di Taman Nasional Karimunjawa yang berupa ekosistem hutan hujan tropis dataran rendah, ekosistem hutan mangrove, hutan pantai, padang lamun dan ekosistem terumbu karang adalah sebesar Rp 11,2 Miliar per tahun (asumsi 1US\$ = Rp 9.000,-). Sedangkan nilai manfaat dari kegiatan wisata berkisar antara 2,9 M – 21M dengan nilai rata-rata 7,5M per tahun. Manfaat langsung yang diterima masyarakat Karimunjawa berasal dari usaha perikanan tangkap yang mencapai Rp 6,421M per tahun. Sedangkan budidaya rumput laut mencapai Rp 13M per tahun. (Informasi Taman Nasional Karimunjawa, 2013)

Fungsi utama kawasan taman nasional adalah sebagai daerah perlindungan sumber daya alam hayati dan non hayati. Permasalahan perlindungan dan pengelolaan sumberdaya alam di Taman Nasional Karimunjawa adalah kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh eksploitasi yang tak terkendali serta adanya pencemaran dari darat. (Pemkab Jepara, 2001). Kerusakan pada salah satu ekosistem saja akan mempengaruhi keseimbangan pada ekosistem lain. kebanyakan kerusakan tersebut dikarena kelalaian manusia, seperti wisatawan yang tidak sengaja menginjak karang, dan sebagainya.

Berdasarkan penjelasan diatas maka pada Tugas Akhir ini saya akan membuat *concept design* (desain awal) kapal katamaran sebagai sarana wisata di pulau Karimunjawa dengan tetap memperhatikan faktor keamanan, kenyamanan, efisiensi bahan bakar, kecepatan kapal, dan jangkauan pelayaran, serta sesuai dengan *owner requirement*. Kapal jenis katamaran merupakan kapal memiliki dua lambung atau badan yang dihubungkan oleh geladak ditengahnya. Katamaran mempunyai geladak yang lebih luas dibandingkan dengan kapal *monohull*. Selain itu kapal katamaran juga mempunyai stabilitas yang lebih baik sehingga lebih nyaman digunakan.

I.2. Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penentuan rute bagi kapal katamaran yang sesuai pada destinasi wisata Kepulauan Karimunjawa?

2. Bagaimana desain kapal katamaran yang sesuai dengan karakteristik perairan laut Kepulauan Karimunjawa, meliputi ukuran utama, Rencana Garis (*Lines Plan*), dan Rencana Umum (*General Arrangement*)?
3. Bagaimana desain lambung kapal katamaran dengan stabilitas yang tinggi?
4. Berapakah kapasitas penumpang yang mampu diangkut oleh kapal katamaran?
5. Bagaimana analisis ekonomi dan kelayakan investasi dari proyek pembangunan kapal wisata katamaran untuk Kepulauan Karimunjawa?

I.3. Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan rute yang sesuai bagi kapal katamaran pada destinasi wisata Kepulauan Karimunjawa.
2. Mendesain kapal katamaran yang sesuai dengan karakteristik perairan di Kepulauan Karimunjawa, meliputi ukuran utama, *LinesPlan*, dan *General Arrangement*.
3. Memperoleh stabilitas kapal katamaran yang tinggi.
4. Mendapatkan kapasitas penumpang pada kapal katamaran yang direncanakan.
5. Memperoleh hasil analisis ekonomi dan kelayakan investasi pembangunan kapal wisata katamaran untuk Kepulauan Karimunjawa.

I.4. Manfaat

Dari penulisan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis, dapat menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan khazanah pendidikan di Indonesia.
2. Dari hasil penelitian ini dapat dihasilkan suatu desain kapal katamaran untuk sarana wisata di Kepulauan Karimunjawa sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pengembangan wisata di Kepulauan Karimunjawa.

I.5. Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai acuan dalam penulisan Tugas Akhir sehingga dapat sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Batasan permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Desain kapal katamaran hanya sebatas *concept design*.
2. Kapal hanya beroperasi di perairan Kepulauan Karimunjawa.

3. Kapal katamaran ini juga digunakan disekitar pantai untuk mengantarkan wisatawan ke lokasi wisata di Kepulauan Karimunjawa.
4. Perhitungan dalam perencanaan kapal katamaran ini meliputi ukuran utama, hambatan, stabilitas, lambung timbul, kapasitas penumpang, serta analisis biaya pembuatan dan operasional kapal.

I.6. Hipotesis

Pembuatan desain kapal katamaran ini akan menjadi pertimbangan dalam pengembangan wisata di Kepulauan Karimunjawa dan dapat meningkatkan kegiatan pariwisata yang ada di Kepulauan Karimunjawa.

I.7. Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan yang disusun untuk pengerjaan tugas akhir ini adalah, sebagai berikut :

LEMBAR JUDUL
LEMBAR PENGESAHAN
KATA PENGANTAR
ABSTRAK
ABSTRACT
DAFTAR ISI
DAFTAR GAMBAR
DAFTAR TABEL
DAFTAR SIMBOL

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah serta batasan masalahnya, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini, manfaat yang diperoleh, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian Tugas Akhir. Dasar-dasar teori, informasi daerah pelayaran serta persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir tercantum dalam bab ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan metodologi dalam menyelesaikan permasalahan secara berurutan dimulai dari tahap pengumpulan data dan studi literatur, hingga pengolahan data untuk analisis lebih lanjut yang nantinya akan menghasilkan sebuah kesimpulan guna menjawab perumusan masalah yang sudah ditentukan.

BAB IV. TINJAUAN DAERAH OPERASIONAL

Bab ini memberi gambaran terkait kondisi Kepulauan Karimunjawa. Gambaran tersebut menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam penentuan rute pada Tugas Akhir ini.

BAB V. ANALISIS TEKNIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi perhitungan teknis kapal, meliputi penentuan *design requirement*, perhitungan hambatan, tenaga penggerak, stabilitas, berat, pembuatan Rencana Garis, pembuatan Rencana Umum, serta pembuatan model 3 dimensi.

BAB VI. ANALISIS EKONOMIS

Bab ini berisi tentang perhitungan biaya pembangunan kapal, biaya operasional, serta kelayakan investasi dari kapal.

BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dari proses penelitian yang dilakukan serta memberikan saran perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Gambaran Umum

Dalam bidang perkapalan, proses mendesain dan membangun kapal selalu berhubungan dengan dunia bisnis. Dimana dalam proses pembangunan kapal di dasarkan pada permintaan atau pemesanan. Sebelum di lakukan pembangunan kapal, terlebih dahulu seorang desainer membuat desain gambar kapal. Dalam mendesain gambar, dibutuhkan data spesifik permintaan pemilik kapal, yang nantinya akan diterjemahkan dalam bentuk gambar, spesifikasi dan data yang lebih mendetail. Proses desain kapal merupakan sebuah pekerjaan yang berulang-ulang dan saling berhubungan yang nantinya terbagi lagi ke dalam beberapa tahap detail.

Pada umumnya, permintaan dari pemilik kapal terdiri dari kapasitas daya angkut kapal (*payload*), kecepatan dinas, dan rute pelayaran. Berbagai hal tersebut dalam bidang perkapalan sering disebut *owner's requirement*. Peranan seorang desainer kapal adalah mampu menerjemahkan ketiga poin tersebut dan mampu melakukan proses desain kapal yang sesuai sehingga memberikan keuntungan pada saat pengoperasian kapal. Di sisi lain, dalam proses desain kapal terdapat batasan-batasan yang dibuat oleh pemilik kapal, diantaranya adalah biaya pembangunan kapal, biaya operasional, regulasi-regulasi yang berlaku, serta batasan wilayah operasional kapal seperti sarat di dermaga dan kondisi gelombang. Sehingga dengan adanya *owner's requirements* dan batasan-batasan tersebut, tugas utama seorang desainer kapal adalah mampu mendesain kapal yang dapat memenuhi kedua hal tersebut.

II.2. Teori Desain Kapal

Proses mendesain kapal adalah proses berulang, yaitu seluruh perencanaan dan analisis yang dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Desain ini digambarkan pada desain spiral (*the spiral design*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.1 di bawah ini. Desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design*. (Watson, 1998). Namun, karena pada Tugas Akhir ini proses desain yang akan dilakukan dibatasi hanya sampai *concept design* saja, sehingga proses desain yang akan dibahas juga hanya *concept design*.

perbandingan kapal maupun harga perbandingan tersebut akan diperoleh ukuran kapal. Ukuran tersebut diperiksa apakah memenuhi persyaratan stabilitas, freeboard, kemampuan mesin dan baling-baling, dan perhitungan lain yang diperlukan. Jika ada hal yang tidak memenuhi, maka akan dilakukan perubahan yang secepatnya sampai semua persyaratan tersebut terpenuhi. Pada umumnya, ada perbedaan yang cukup besar sehingga perlu merubah ukuran kapal tersebut secara signifikan.

Metode optimisasi dikelompokkan menjadi metode optimisasi linier dan metode optimisasi non linier. Jika dalam optimisasi memiliki objective function dan atau constraint yang tidak dapat dinyatakan sebagai sebuah fungsi eksplisit dari design variable atau terlalu kompleks, permasalahan tersebut sulit diselesaikan dengan menggunakan metode optimisasi linier. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, ada beberapa macam metode optimisasi yang dapat dipergunakan yang dikategorikan sebagai metode optimisasi non linier (Efendy, 2006).

Metode optimisasi non linier dibagi menjadi dua, yaitu optimisasi linier tanpa constraint dan optimisasi linier dengan constraint. Dimana tugas akhir ini menggunakan metode optimisasi non linier dengan constraint. Hal ini dikarenakan dalam proses penentuan ukuran utama kapal terdapat batasan-batasan yang harus dipenuhi untuk memperoleh hasil yang paling optimum dari serangkaian hasil yang memenuhi persyaratan dalam batasan-batasan (constraint) yang diberikan dengan nilai tertentu. Dalam sebuah proses optimisasi selalu melibatkan :

1. *Objective Function*, merupakan fungsi-fungsi yang menghubungkan beberapa arat semua variabel seta parameter yang harganya akan dioptimalkan.
2. Variabel, merupakan harga-harga yang akan dicari dalam proses optimisasi.
3. Parameter, merupakan harga-harga yang tidak bisa berubah besarnya selama satu kali
4. Konstanta, harga-harga yang tidak berubah besarnya selama optimisasi berlangsung.
5. *Constraint*, merupakan harga-harga yang menjadi batasan dimana sudah ditentukan sebelumnya oleh pihak perencanaan.

II.3.1. Constrained Non-Linier Optimization Technique

Metode constrained non-linier optimization dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu Direct method dan Indirect method. Dalam kelompok Direct method *constraint* dinyatakan secara eksplisit, sedangkan secara umum dalam kelompok Indirect method, *constrained problem* diselesaikan seperti penyelesaian beberapa *unconstrained*

dan dalam $x^L \leq x \leq x^U$

Dalam metode ini dilakukan eliminasi dengan batasan berupa suatu persamaan, secara teoritis satu variabel dapat diperoleh dari pengurangan satu set variabel $x_i (i = n + 1, n + 2, \dots, m + n)$ untuk tiap $n+1$, batasan – batasan dari persamaan :

$$g_i(x) + x_{n+1} = 0, 0 \leq x_{n+1} \leq \infty$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, I$$

Dimana nilai awal x_0 , sehingga $h(x_0) = 0$, dan dalam $x^L \leq x \leq x^U$. Langkah pertama dalam metode GRG adalah melakukan pengesetan desain variabel (x), sebagai berikut :

$$X = \begin{Bmatrix} y \\ z \end{Bmatrix} \quad (II.4)$$

Dimana :

$$y = \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_{n+1} \end{Bmatrix} = \text{desain atau } independent\ variable$$

$$z = \begin{Bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \dots \\ z_{n+1} \end{Bmatrix} = \text{state atau } dependent\ variable$$

Dimana desain variable adalah variabel bebas dan state variable adalah variable yang tergantung dari desain variable dan digunakan untuk memenuhi batasan $g_i(x) = 0$, $i = 1, 2, \dots, m+1$. Sehingga persamaan GRG didefinisikan oleh persamaan:

$$G_R = \Delta_y - ([D]^{-1}[D]^T) \Delta_z f \quad (II.5)$$

Dimana secara geometris, GRG dapat diterangkan sebagai proyeksi dari original n -dimensi gradient ke $(n-m)$ dimensi daerah feasible yang dijelaskan oleh desain variabel. Fungsi dengan batasan diasumsikan memiliki nilai minimum pada saat komponen yang sesuai dari *reduced gradient* yang bernilai nol. GRG dapat digunakan untuk membangkitkan arah pencarian S untuk mengurangi nilai batasan fungsi objektif, sama halnya dengan gradient Δf dan digunakan untuk membangkitkan arah pencarian S pada fungsi obyektif tanpa batasan. Langkah yang sesuai dengan λ , dipilih meminimalisasi nilai dari fungsi sepanjang arah pencarian S . Untuk harga λ , variabel dependent vector Z disesuaikan menggunakan persamaan:

$$dz = -[D]^{-1}[C]dy \quad (II.6)$$

Batasan yang didapat mungkin tidak tepat nol pada λ dengan nilai $\neq 0$. Kemudian dibuat tetap, untuk mendapatkan:

$$g_i(x) + dg_i(x) = 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m + 1$$

dengan menggunakan persamaan :

$$dg = [C]^{-1}(-g(x) - [C]dy) \quad (II.7)$$

substitusi ke persamaan (2.4.6), kita mendapatkan :

$$dz = -[D]^{-1}(-g(x) - [C]dy) \quad (II.8)$$

nilai dz yang berasal dari persamaan (II.8) digunakan menyelesaikan nilai z.

$$Z_{update} = Z_{current} + dz$$

Batasan evaluasi pada *vector* x yang disesuaikan, dan prosedur pencarian dz dengan persamaan (II.8) dihitung sampai nilai dz cukup kecil.

Dalam proses sebuah perencanaan selalu melibatkan berbagai aspek sebagai perwujudan permintaan secara umum dari ketetapan batasan yang dimiliki. Kapal sebagai saran transportasi laut dalam perencanaanya harus memperhatikan hal – hal sebagai berikut:

1. Kondisi rute pelayaran.
2. Kedalaman alur pelayaran
3. Kecepatan kapal
4. Nilai ekonomis. (Timoteus, 2006)

II.4. Katamaran

Katamaran merupakan kapal yang mempunyai dua lambung atau badan yang dihubungkan oleh geladak atau *bridging platform* ditengahnya. *Bridging platform* ini bebas dari permukaan air, sehingga *slamming* dan *deck wetness* kapal dapat dikurangi. Penentuan ketinggian struktur bagian atas dari permukaan air merupakan fungsi dari tinggi gelombang rute pelayaran yang dilalui. Kombinasi luas geladak yang besar dan berat kapal kosong yang rendah membuat kapal katamaran dapat diandalkan untuk transportasi muatan antar kota maupun pariwisata. (RINA, 2004)

Karakter tahanan di air tenang tipe katamaran lebih besar dibandingkan dengan kapal *monohull*. Dominasi tahanan gesek mencapai 40% dari tahanan total pada kecepatan rendah. Penurunan kecepatan akibat kondisi gelombang tinggi tidak dijumpai pada kasus katamaran. Kapal tipe ini dapat dioperasikan pada kecepatan relative tinggi dan masih mempunyai konsumsi bahan bakar yang dapat diterima secara ekonomis.

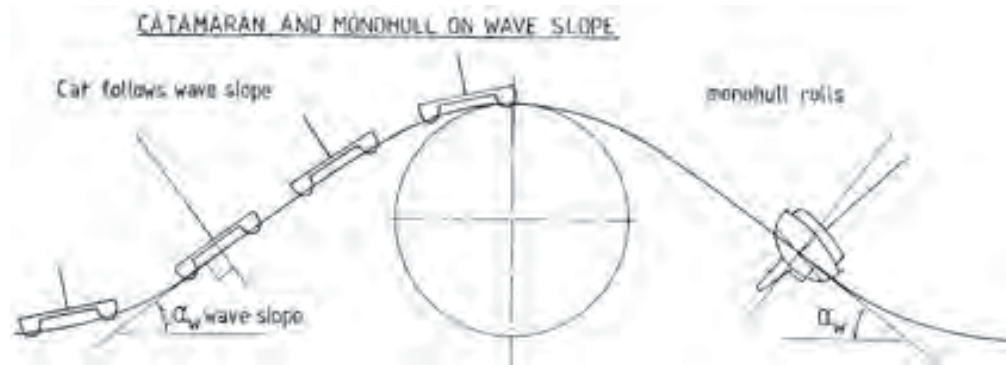
Tahanan tambahan akibat gelombang pada kapal katamaran adalah kecil dan kualitas *seakeeping* relatif bagus untuk beroperasi pada kecepatan cepat antara 25-40 knots. (Wijholst, 1996)



Gambar II. 3. Contoh kapal katamaran (Austal.com, 2013)

Katamaran memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan kapal *monohull*, meliputi :

1. Pada Kapal dengan lebar yang sama, tahanan gesek yang dihasilkan kapal katamaran lebih kecil, sehingga pada tenaga dorong yang sama, kecepatan yang dihasilkan relatif lebih besar.
2. Luas geladak dari katamaran lebih luas dibandingkan dengan luas geladak kapal *monohull*
3. Stabilitas kapal lebih baik sehingga tingkat keamanan lebih tinggi.
4. Sudut oleng yang relatif rendah (0° - 8°) sehingga meningkatkan rasa nyaman dan tidak mudah terkena mabuk laut (*seasickness*).
5. Dengan tahanan yang kecil, maka biaya operasional menjadi kecil.
6. Tidak perlu menggunakan *ballast* untuk menjaga stabilitas kapal.



Gambar II. 4. Kondisi oleng katamaran dan *monohull* pada *wave slope* yang sama (Tarjan, 2008)

Katamaran juga memiliki beberapa kekurangan, meliputi :

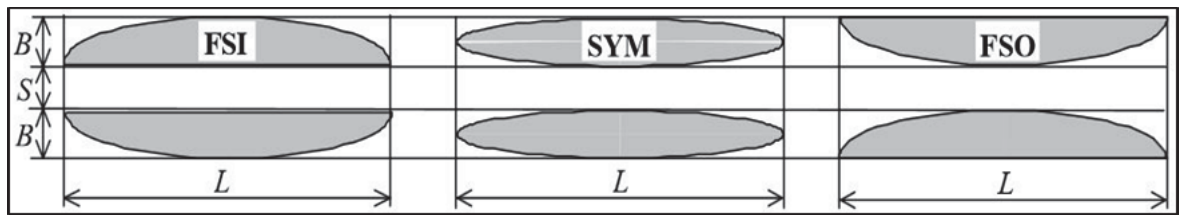
1. Teori dan standarisasi baik ukuran utama maupun perhitungan struktur masih minim karena merupakan teknologi baru.
2. Teknik pembuatan yang agak lebih rumit sehingga membutuhkan keterampilan yang khusus.
3. Dengan memiliki dua lambung, maka kemampuan *maneuver* kurang baik jika dibandingkan dengan kapal *monohull*.

Bentuk badan kapal harus dipilih berdasarkan metode yang tepat sehingga hasilnya akan didapatkan hasil yang memuaskan. Kapal katamaran dengan geladak yang lebih besar adalah salah satu contoh konsep rancangan yang berhasil dalam mengatasi efek gerakan oleng. Dimana gerakan oleng tersebut merupakan kelemahan utama kapal-kapal konvensional atau *monohull* (Boulton, 2002)

II.4.1. Jenis Lambung Katamaran

Terdapat banyak jenis untuk lambung katamaran, secara umum terdapat tiga bentuk dasar dari katamaran, yaitu:

- a. Asimetris dengan bagian dalam lurus
- b. Asimetris dengan bagian luar lurus
- c. Simetris



Gambar II. 5. Jenis Lambung Katamaran

Gambar II. 5 di atas menunjukkan beberapa macam jenis lambung katamaran. Mulai dari jenis asimetris dengan bagian dalam lurus yang tampak pada gambar paling kiri, jenis simetris pada gambar tengah, dan asimetris dengan bagian luar lurus yang tampak pada gambar paling kanan.

- Katamaran Asimetris

Pada bentuk badan kapal asimetris, lambung yang berbentuk lurus akan mengalami perubahan tekanan yang drastis berbeda dengan lambung yang berbentuk lengkung, maka tekanan aliran akan berkurang dengan terdistribusinya aliran air mengikuti kelengkungan bentuk ujung depan. Desain *demihull* yang asimetris bertujuan untuk mengurangi tahanan total dengan cara menghilangkan efek interferensi dan semburan gelombang air pada daerah diantara *demihull*.

- Katamaran simetris

Dengan kedua lambung yang berbentuk lengkung, maka tekanan relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan katamaran asimetris sehingga tekanan pada penyangga relatif lebih kecil. Selain itu olah gerak kapal juga relatif lebih baik jika dibandingkan dengan katamaran asimetris. Keunggulan lain dari katamaran simetris adalah hambatan total yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan katamaran asimetris.

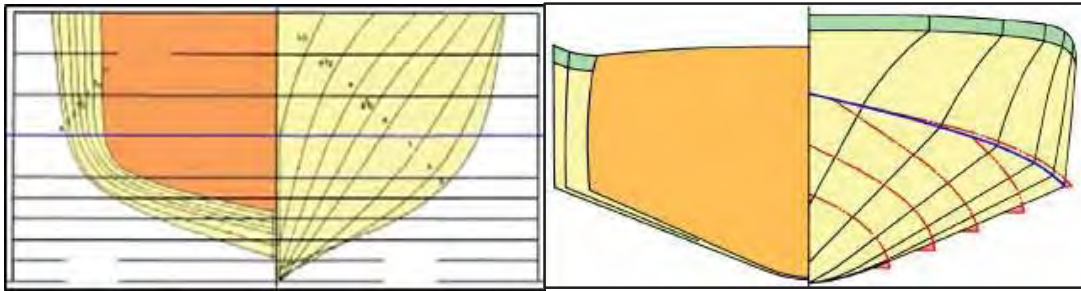
II.4.2. Bentuk Lambung Katamaran

Bentuk lambung katamaran dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu:

- Round bilge*
- Hard chine*
- Wave piercer*

Round Bilge

Hard Chine



Gambar II. 6. Bentuk Lambung *Round Bilge* dan *Hard Chine*

Seperti tampak pada Gambar II.6 di atas, bentuk lambung *round bilge* umumnya memiliki bentuk yang lebih *smooth* apabila dibandingkan dengan *hard chine*, akan tetapi membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih lama. *Round bilge* akan menghasilkan gaya angkat yang lebih besar pada saat kecepatan tinggi. Akan tetapi, pada tahap desainnya lambung bentuk ini memerlukan ketelitian yang tinggi. Karena, apabila didesain dengan kurang baik, maka pada saat kecepatan tinggi akan menghasilkan trim dan akan menambah hambatan pada kapal. Sedangkan bentuk lambung *wave piercer* umumnya digunakan untuk kapal yang membutuhkan kecepatan tinggi dengan stabilitas yang baik. Kelebihan dari tipe ini adalah menghasilkan kondisi air dibawah permukaan air yang lebih stabil dan mempunyai kualitas hidrodinamika yang lebih baik.

II.5. Faktor Teknis Desain Kapal

II.5.1 Penentuan Ukuran Utama

Ukuran utama kapal katamaran didapatkan dari metode regresi linier dengan menggunakan bantuan *software microsoft excel*. Dari metode tersebut, ukuran utama yang didapatkan sebagai berikut:

- a. LOA (*Length Overall*)
- b. LWL (*Length of Waterline*)
- c. B (*Breadth*)
- d. S (*Beam Between Hull Centers*)
- e. B1 (*Beam of Each Hull*)
- f. H (*Height*)
- g. T (*Draft*)

II.5.2 Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh *owner* (*owner requirement*). Komponen hambatan yang dialami oleh katamaran lebih kompleks dikarenakan adanya efek interferensi antar kedua lambungnya, yaitu:

1. *Viscous interference resistance* (interferensi viskositas)

Adalah aliran di sepanjang *demihull* simetris berbentuk tidak simetris akibat pengaruh keberadaan *demihull*.

2. *Wave making interference resistance* (interferensi gelombang),

Adalah hasil dari dua buah lambung yang bergerak sejajar, efek interferensi pada hambatan gelombang akan sangat berpengaruh.

Hambatan total pada katamaran harus dikalikan dua, mengingat katamaran memiliki dua lambung yang identik. Adapun untuk rumus hambatan total (Insel and Molland, 1991) adalah sebagai berikut:

$$R_T = 2 \times (1/2) \times \rho \times V^2 \times WSA \times C_{Tcat}$$

$$C_{Tcat} = (1 + \beta k) \times C_F + \tau C_W$$

dimana :

β = *Catamaran Viscous Resistance Interference Factor*

$(1 + k)$ = *Form Factor for Demihull in Isolation*

C_F = *Viscous Resistance*

τ = *Catamaran Wave Resistance Interference Factor*

C_W = *Wave Resistance*

II.5.3 Perhitungan Kebutuhan Daya Penggerak

Perhitungan kebutuhan daya penggerak utama agar kapal dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan adalah sebagai berikut:

- *Effective Horse Power* (EHP)

$$EHP = R_T \times V_S$$

R_T = Hambatan total kapal (N)

V_S = Kecepatan dinas kapal (m/s)

- *Delivery Horse Power*(DHP)

$$DHP = EHP / \eta_D$$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_O \times \eta_{RR}$$

η_H = Efisiensi badan kapal

η_O = Efisiensi baling-baling yang terpasang pada bagian belakang kapal

η_{RR} = Efisiensi relatif rotatif

- *Break Horse Power* (BHP)

$$BHP = DHP + (X \% \times DHP)$$

X = Faktor tambahan (koreksi letak kamar mesin dan koreksi daerah pelayaran).

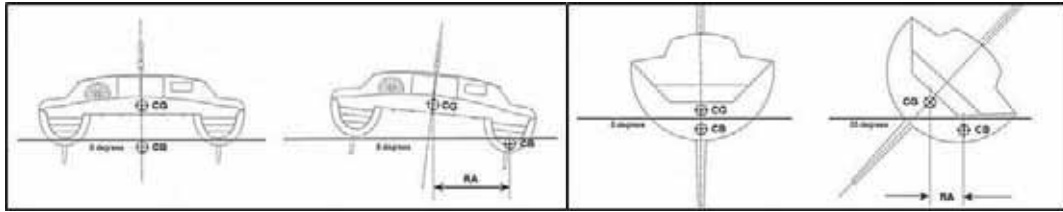
II.5.4 Perhitungan Berat

Perhitungan berat pada kapal pada umumnya terbagi menjadi dua komponen, yaitu LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Dead Weight Tonnage*). LWT digolongkan menjadi beberapa bagian, diantaranya adalah berat konstruksi, berat peralatan dan perlengkapan, dan berat permesinan. Sedangkan untuk DWT dibagi terdiri atas beberapa komponen, meliputi berat bahan bakar, berat minyak pelumas, berat air tawar, berat *provision*, berat orang (*crew* dan penumpang), dan berat barang bawaan. Perhitungan DWT ini dilakukan untuk satu kali perjalanan *round trip*.

II.5.5 Perhitungan Stabilitas

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan kesetimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain :

- Titik G (*gravity*) yaitu titik berat kapal.
- Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
- Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.



Gambar II. 7. Perbandingan Stabilitas Katamaran dan *Monohull*

Pada Gambar II. 7 di atas, tampak bahwa stabilitas lambung katamaran lebih baik dari pada *monohull*. Ketika memperoleh tekanan dari gelombang, lambung bentuk *monohull* lebih mudah mengalami oleng sementara katamaran tidak.

Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu :

- Keseimbangan stabil, letak titik G berada dibawah titik M.
- Keseimbangan labil, letak titik G berada diatas titik M.
- Keseimbangan *indeferent*, letak titik berat G berimpit dengan titik M.

Kemampuan apung kapal adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan menggunakan tekanan hidrostatik yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis pada kapal.

Dalam perhitungan stabilitas, penulis menggunakan Barnhart dan Thewlis, dimana kapal katamaran cenderung lebih lebar terhadap panjangnya (L/B kecil). Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan *safety of life at sea* (SOLAS) atau International Maritime Organization (IMO).

Batasan-batasan yang harus dipenuhi antara lain adalah :

1. Jarak titik G dan titik M pada kondisi oleng tidak boleh kurang dari 0.15 m.
2. Lengan stabilitas dinamis pada 30° tidak boleh kurang dari 0.055 m rad.
3. Lengan stabilitas dinamis pada 40° tidak boleh kurang dari 0.090 m rad.
4. Lengan stabilitas dinamis pada $30^\circ - 40^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.030 m rad.
5. Lengan stabilitas statis pada 30° tidak boleh kurang dari 0.2 m rad.

Untuk kapal katamaran, khususnya *cruising catamaran* memiliki lengan stabilitas statis maksimum yang lebih besar jika dibandingkan dengan *monohull* pada umumnya. *Cruising catamaran* mencapai lengan statis maksimum pada sudut sekitar $12,5^\circ$, dan

ketika berlayar hanya mengalami oleng pada sudut 0° - 8° karena itulah dapat dikatakan bahwa katamaran lebih stabil daripada *monohull*.(Tarjan, 2008)

II.6. Faktor Ekonomis Desain Kapal

II.6.1 Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan kapal pada umumnya terdiri dari :

1. Biaya pembangunan komponen baja (*structural weight cost*)
2. Biaya permesinan (*machinery cost*)
3. Biaya peralatan dan perlengkapan (*hull outfitting cost*)

II.6.2 Biaya Operasional

Secara umum, biaya operasional kapal terdiri dari biaya variabel dan biaya tetap. Kedua biaya tersebut di antaranya adalah:

a. Biaya Variabel

1. Biaya bahan bakar (*fuel oil cost*)
2. Biaya minyak pelumas (*lubricant oil cost*)
3. Biaya air tawar (*fresh water cost*)
4. Gaji kru kapal

b. Biaya Tetap

1. Biaya reparasi dan perawatan kapal, biaya ini diambil dari 10% dari biaya pembangunan kapal.
2. Biaya asuransi, biaya ini diambil sebesar 2% dari total biaya pembangunan kapal.

Perhitungan biaya operasional disesuaikan dengan jarak pelayaran, waktu pelayaran, dan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan.

II.7. Pembuatan Rencana Garis(*Lines Plan*)

Rencana garis adalah gambar potongan melintang, memanjang dan diagonal kapal yang dilihat dari samping, depan, atas dan digambarkan dalam bentuk garis. Ada beberapa metode dalam pembuatan rencana garis kapal, seperti metode NSP diagram, Form data, schelterna de here atau series 60. Beberapa gambar yang ada dalam rencana garis adalah :

1. Body Plan

Garis-garis yang menggambarkan bentuk potongan melintang badan kapal yang cukup digambar separuh, dimana pada bagian kiri merupakan bagian belakang dan kanan merupakan bagian depan. Body plan merupakan bagian terpenting dalam menggambar rencana garis. Karena gambar-gambar yang lain merupakan hasil dari proyeksi dari gambar ini.

2. Sheer Plan

Garis-garis yang menggambarkan bentuk potongan memanjang badan kapal pada bottom line.

3. Half Breadth Plan

Garis-garis yang menggambarkan bentuk potongan horizontal badan kapal pada garis air tertentu. Garis tersebut membentuk setengah lebar kapal terhadap centerline.

4. Garis Air (*Water Lines*)

Garis-garis yang memotong horizontal tiap suatu ketinggian garis air tertentu yang digambarkan bentuk badan kapal secara memanjang, dilihat dari pandangan atas.

5. Garis Dasar (*Base Lines*)

Garis air yang paling bawah. Dalam hal ini adalah garis air 0 m.

6. Garis Muat (*Load Water Lines*)

Garis air yang paling atas pada waktu kapal dengan muatan penuh. Dalam keadaan operasional garis muat ini dapat dilihat dengan adanya tanda lambung timbul (freeboard mark) disebelah kanan kiri lambung kapal.

7. Garis Geladak

Terdiri dari dua bagian yaitu garis geladak tepid an garis geladak tengah. Untuk kapal yang memiliki chamber, jarak antara garis geladak tengah dan garis geladak tepi adalah 1/50 lebar setempat.

8. Garis Tegak Potngan Memanjang (*Buttock Lines*)

Garis tegak yang memotong kapal secara memanjang. Tujuannya untuk mengetahui keselarasan dan kebenaran dari bentuk station-station yang direncanakan kerah memanjang kapal.

9. Garis Sent (*Sent Lines*)

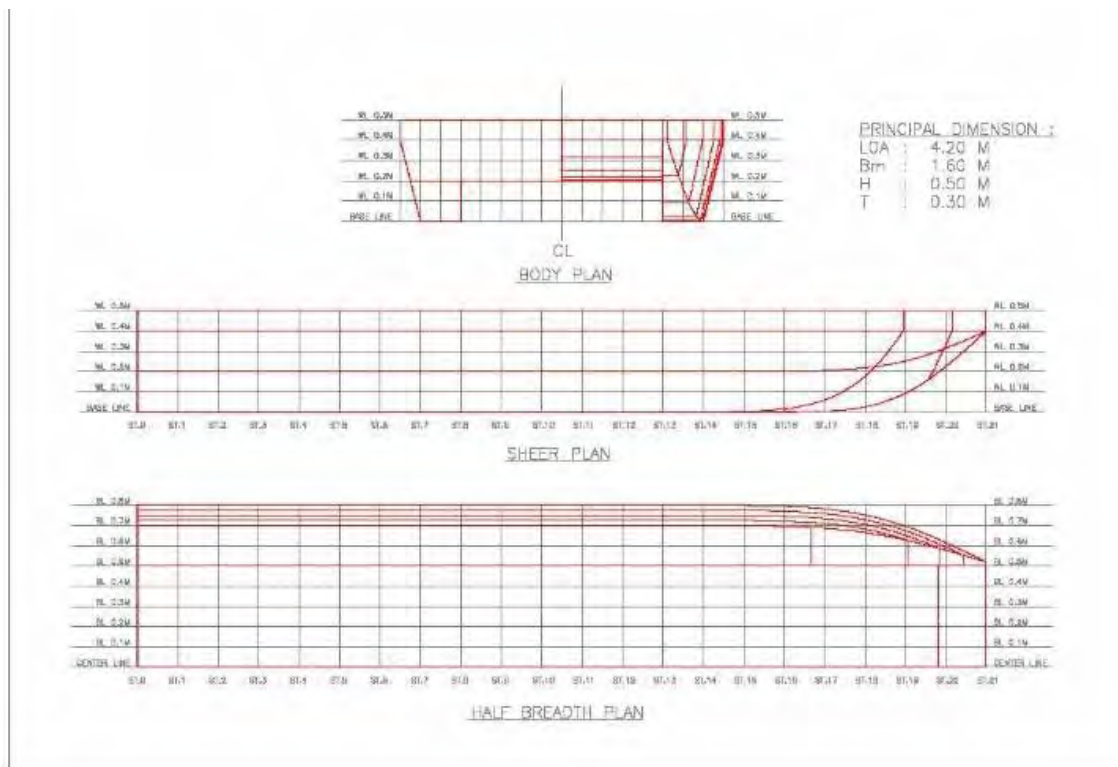
Garis yang ditarik pada salah satu atau beberapa titik pada garis (centerline) dan membuat sudut dengan garis tengah tersebut. Tujuannya untuk mengetahui keselarasan dan kebenaran dari bentuk station-station yang direncanakan kerah diagonal.

10. Garis Geladak

Terdiri dari dua bagian yaitu garis geladak tepid an garis geladak tengah. Untuk kapal yang memiliki chamber, jarak antara garis geladak tengah dan garis geladak tepi adalah $1/50$ lebar setempat.

11. Pandangan Samping (*side view*)

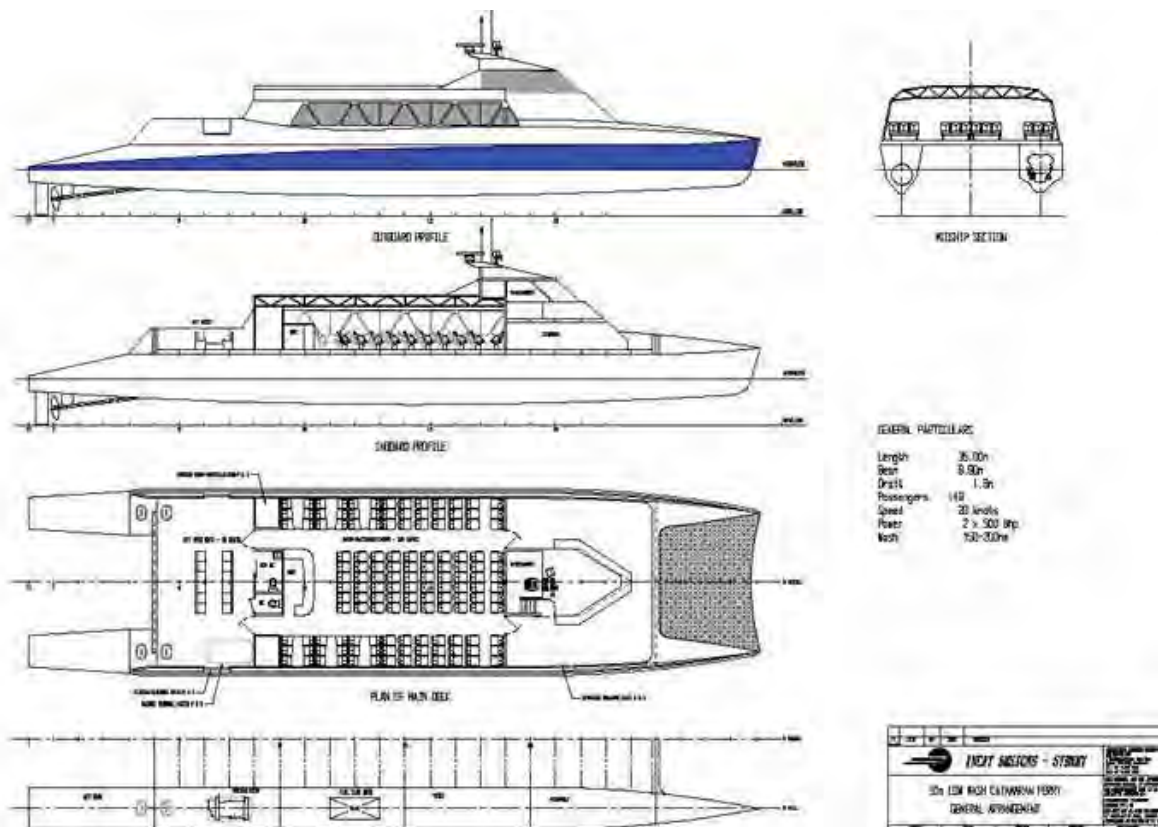
Garis yang dibentuk tepat pada garis tengah kapal (*center line*) dari pandangan samping (Kusna, 2008)



Gambar II. 8. Contoh gambar *lines plan*

II.8. Pembuatan Rencana Umum (*General Arrangement*)

Rencana umum didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang sesuai dengan kebutuhan dengan fungsi dan perlengkapannya (Taggart, 1980). Pembuatan rencana umum kapal didasarkan pada letakkan kamar mesin, kebutuhan akomodasi, serta peletakan tangki-tangki yang dibutuhkan. Selain itu, perlu dipertimbangkan dimensi dan letak peralatan dan akomodasi diatas geladak. Aspek keselamatan dan efisiensi juga turut diperhatikan dalam perencanaan tangki maupun perlengkapan lain sehingga ikut berperan dalam menjaga stabilitas dan kondisi trim kapal.



Gambar II. 9. Contoh gambar *General Arrangement*

II.9. Tinjauan Terhadap Hasil Riset Sebelumnya

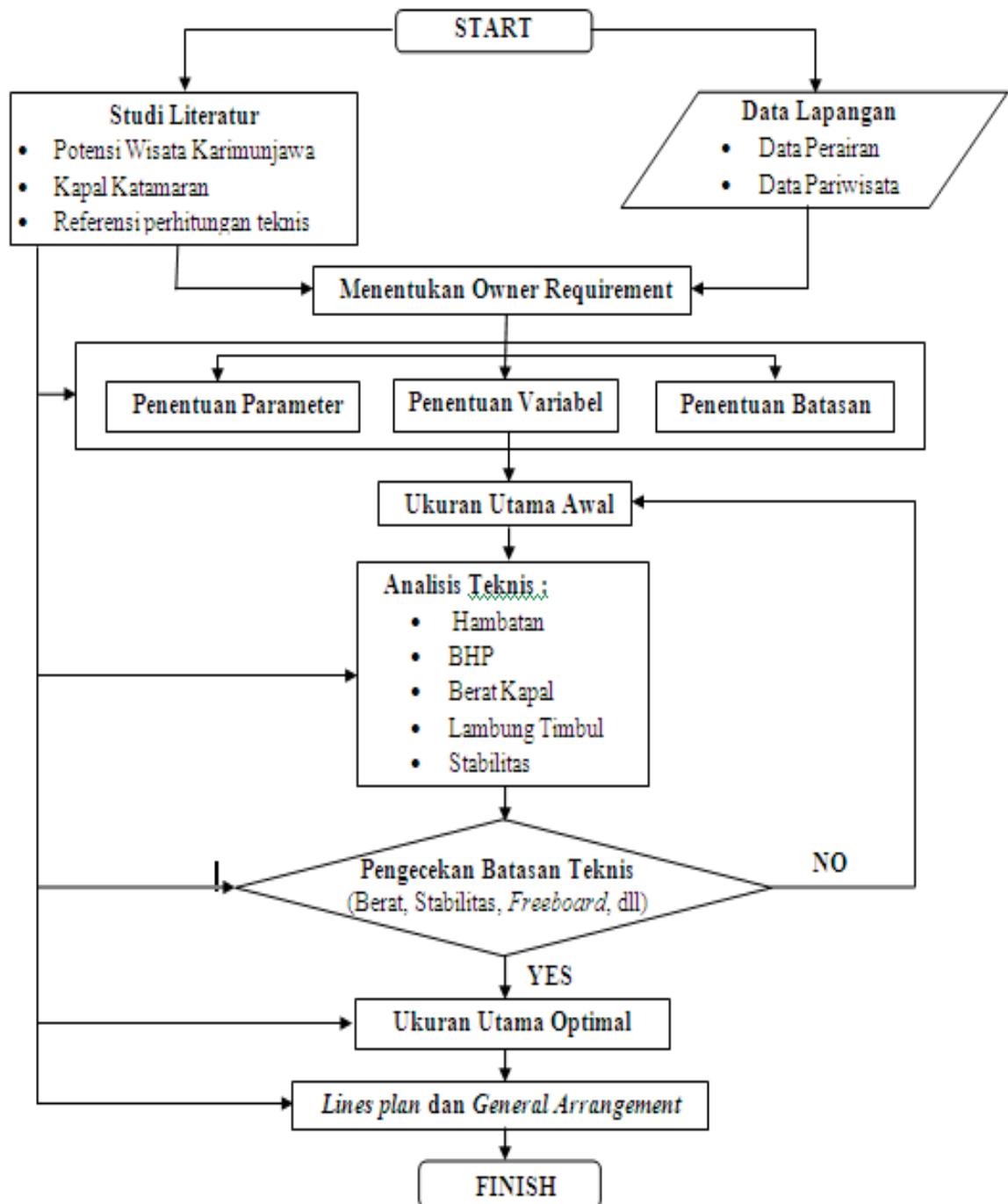
Pada kesempatan sebelumnya, terdapat Tugas Akhir yang memiliki pembahasan hampir serupa dengan judul “Desain *Public Catamaran Boat* Dengan Sistem Penggerak *Hybrid* Pada Destinasi Wisata Kepulauan Raja Ampat Bagian Utara” pada Juli 2015 oleh Ali Mustofa (4111100022). Secara garis besar, studi ini menitikberatkan pada desain kapal wisata berlambung katamaran dengan alat penggerak bantu *hybrid*. Kapal ini memiliki ukuran utama LOA: 13,5 m; B: 5,5 m; B1: 1,3 m; S: 2,9 m; H: 2 m; dan T: 0,8 m dan Vs maksimum = 10 knot. Kapal wisata ini bersifat *public* dengan rute yang sudah ditentukan, dan pada daerah pelayaran Kepulauan Raja Ampat. (Mustofa, 2015)

Terdapat beberapa letak perbedaan dari studi yang dilakukan oleh Mutofa dengan studi yang akan diajukan oleh penulis. Penulis memiliki rencana untuk melakukan studi desain kapal katamaran yang ditujukan untuk publik dengan rute dan jadwal yang telah ditentukan sebelumnya. Di sisi lain, penulis memiliki tujuan untuk mengurangi biaya transportasi pada destinasi wisata di Kepulauan Karimunjawa.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Metode Pengerjaan



Gambar III. 1. Diagram Alir Metodologi Pengerjaan

Pada bab ini dijelaskan tentang langkah-langkah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Secara umum, langkah-langkah pengerjaan yang dilakukan digambarkan seperti dalam diagram alir pada Gambar III.1 di atas.

III.2. Langkah Pengerjaan

Secara umum tahap dari pengerjaan Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa tahapan, antara lain:

III.2.1 Pengumpulan Data

Data yang dimaksud adalah segala sesuatu acuan yang digunakan untuk menunjang desain kapal katamaran. Data yang dibutuhkan anatara lain :

1. Jumlah wisatawan Karimunjawa

Data mengenai jumlah wisatawan yang berkunjung ke Karimunjawa dibutuhkan untuk menentukan payload kapal. Data-data ini diperoleh dari media cetak dan elektronik Dinas Pariwisata Karimunjawa, Badan Pusat Statistika Karimunjawa serta beberapa sumber referensi lainnya.

2. Kondisi perairan dan pariwisata Karimunjawa

Data teknis yang diperlukan adalah data tentang kedalaman perairan, jarak rute pelayaran dan obyek wisata yang ada di sana. Dari kedalaman perairan didapatkan batasan tentang sarat kapal yang nantinya dirancang sehingga dapat mengurangi resiko kapal kandas. Jarak rute pelayaran perlu diketahui untuk mengetahui waktu tempuh.

3. Data Kapal Pembanding

Data kapal pembanding diperlukan sebagai referensi untuk menentukan ukuran utama awal kapal. Selain itu, data kapal pembanding juga menjadi faktor utama dalam menentukan ukuran utama dengan menggunakan metode optimisasi.

III.2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan beserta teori-teori yang terkait dengan Tugas Akhir ini. Studi yang dilakukan antara lain mengenai :

1. Katamaran

Karakteristik bentuk lambung katamaran berbeda dengan *monohull*. Sehingga, perlu diketahui formula-formula yang digunakan untuk menghitung karakteristik bentuk lambung katamaran. Misalnya, hambatan kapal, stabilitas kapal, serta lambung timbul.

2. Referensi perhitungan teknis

Referensi perhitungan teknis didapatkan dari laporan Tugas Akhir tentang desain kapal tipe kataraman. Selain itu, pengerjaan perhitungan teknis juga merujuk pada jurnal-jurnal yang sudah ada serta buku-buku penunjang.

III.2.3 Analisis Data Awal

Setelah data-data yang diperlukan sudah terkumpul, kemudian disesuaikan dengan literatur yang sudah dipelajari untuk dilakukan analisis data. Analisis ini dilakukan untuk menentukan *design requirement* meliputi kapasitas jumlah penumpang, dan rute.

III.2.4 Penentuan Ukuran Utama Awal

Penentuan ukuran utamadilakukan dengan metode optimisasi terhadap kapal pembanding sesuai batasan-batasan. Kemudian, dari hasil optimisasi yang didapat dianalisis dengan batasan perbandingan rasio ukuran utama. Jika nilai perbandingan ukuran utama keluar dari batasan rasio yang disyaratkan, maka batasan optimisasi ukuran utama kapal dapat diubah namun tidak terlalu jauh dari nilai hasil optimisasi.

III.2.5 Pehitungan Teknis

Perhitungan teknis dilakukan sesuai dengan literatur yang dipelajari. Hal itu meliputi perhitungan hambatan kapal, perhitungan daya kapal, penentuan mesin, penentuan *genset*, perhitungan berat kapal, perhitungan stabilitas, perhitungan lambung timbul serta analisis ekonomi.

III.2.6 Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum dan Gambar 3 Dimensi

Dalam pembuatan Rencana Garis kapal dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf*. Dari desain yang telah dibuat di *Maxsurf* dapat langsung diambil *Lines Plan*-nya. Kemudian untuk memperhalus *Lines Plan* dilakukan dengan menggunakan *software AutoCAD*.

Sedangkan untuk pembuatan Rencana Umum dilakukan setelah Rencana Garis selesai. Sebab, *Outline* dari Rencana Umum diambil dari Rencana Garis. Pembuatan Rencana Umum dilakukan dengan menggunakan bantuan *software AutoCAD*. Pembuatan *seating arrangement* mengacu pada *seating arrangement* kapal-kapal pariwisata yang sudah ada.

Untuk pembuatan gambar 3 dimensi dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Sketchup*. Pembuatan gambar 3 dimensi dikerjakan setelah Rencana Umum selesai.

III.2.7 Kesimpulan dan Saran

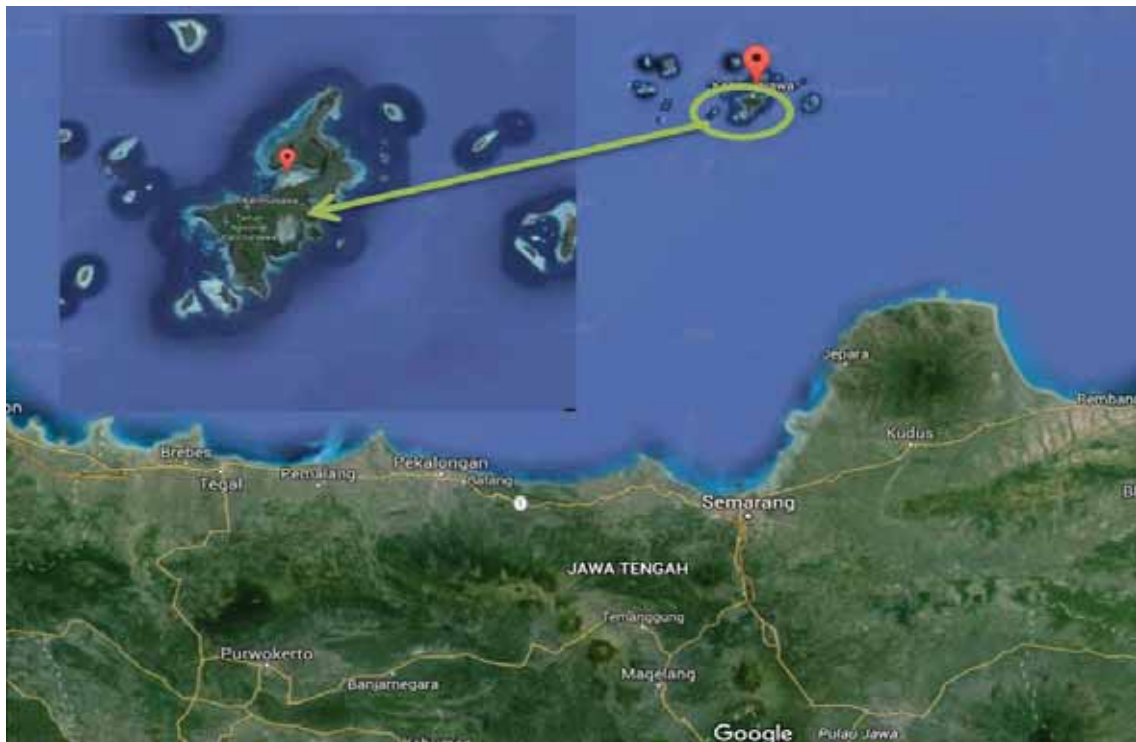
Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, kemudian ditarik kesimpulan dari analisa dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi keamanan terhadap standar yang sudah ada. Saran dibuat untuk menyempurnakan apa yang belum tercakup dalam proses desain kapal ini.

BAB IV

TINJAUAN DAERAH OPERASIONAL

IV.1. Tinjauan Umum Daerah

Kepulauan Karimunjawa terletak di sebelah Timur Laut kota Semarang tepatnya pada posisi 50 40' - 50 57' LS dan 11.00 4' – 11.00 40' BT. Kep. Karimunjawa termasuk dalam wilayah administrasi Kecamatan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, terdiri dari tiga Desa yaitu Desa Karimunjawa, Kemujan dan Parang. Luas wilayah daratan dan perairan Taman Nasional Karimunjawa adalah 111.625 hektar, berupa gugusan pulau sebanyak 22 buah. Dari 22 pulau tersebut terdapat empat pulau berpenghuni yaitu Pulau Karimunjawa, Pulau Kemujan, Pulau Parang dan Pulau Nyamuk. Karimunjawa mungkin tak sepopuler Bali, Lombok, atau Bunaken. Namun, keindahan alam laut kepulauan ini tak kalah luar biasa. Aktivitas ekonomi di Taman Nasional Laut Karimunjawa adalah kegiatan ekowisata dengan mengandalkan daya tarik wisata bahari berupa keindahan pemandangan bawah laut. Dalam beberapa tahun terakhir, Taman Nasional Laut Karimunjawa mengalami kenaikan jumlah wisatawan yang sangat pesat. Hal ini berkaitan dengan mulai meluasnya kabar tentang potensi wisata yang ada di daerah tersebut.



Gambar IV. 1. Peta Pulau Karimunjawa
(www.google maps, 2015)

IV.2.1. Lokasi Wisata di Karimunjawa Berdasarkan Ekosistem

Untuk kawasan yang dapat dijadikan lokasi wisata dapat di dibagi menjadi lima, berdasarkan ekosistem yang ada di Karimunjawa.

a. Ekosistem Hutan Hujan Tropis Dataran Rendah

Ekosistem hutan hujan tropis dataran rendah menempati ketinggian 0-506 m dpl di Pulau Karimunjawa. Hutan hujan tropis dataran rendah yang ada di Pulau Karimunjawa merupakan hutan sekunder yang dicirikan dengan keberadaan perintis seperti Medang Wangi (*Cryptocarya tementosa*) (Nababan et al, 2010). Tumbuhan yang ada merupakan sisa kebakaran hutan yang terjadi pada tahun 1950-1960an. Berdasarkan hasil Eksplorasi Flora yang dilakukan oleh LIPI tahun 2003 (Djarwaningsih et al., 2003) ditemukan 124 spesies dan 5 genus flora di kawasan hutan hujan tropis dataran rendah Karimunjawa. Jenis pohon yang sering dijumpai adalah Sentul (*Sandoricum koetjape*), Ande-ande (*Antidesma montanum*), Berasan (*Gomphia serrata*), Gondorio (*Bouea macrophylla*). Termasuk di dalamnya keberadaan flora khas Karimunjawa yaitu Dewadaru (*Fragrarea fragrans*) dan Kalimosodo (*Cordia subcordata*) yang populasinya mulai menurun karena banyak digunakan sebagai bahan baku industri kerajinan oleh masyarakat. Dewadaru tidak ditemukan dalam kawasan konservasi kecuali tunggaknya, umumnya tumbuh di luar kawasan yaitu di daerah AlangAlang, Ujung Gelam, Nyamplungan, dan Legon Nipah (Farid et al, 2003).

b. Ekosistem Hutan Pantai

Beberapa karakteristik tipe ekosistem ini adalah hidup pada daerah kering tepi pantai, tidak terpengaruh iklim, tanah berbatu dan berpasir serta terletak diatas pasang tertinggi (Nababan et al, 2010). Vegetasi hutan pantai dicirikan oleh adanya *Barringtonia speciosa*, Ketapang (*Terminalia cattapa*), Cemara Laut (*Casuarina equisetifolia*), Kelapa (*Cocos nucifera*), Jati Pasir (*Scaerota frutescens*), Pandan (*Pandanus tectonus*), Setigi (*Pemphis acidula*) dan Waru Laut (*Hibiscus tiliaceus*).

c. Ekosistem Mangrove

Taman Nasional karimunjawa mempunyai ekosistem mangrove yang relative masih asli dan tersebar hampir di seluruh kepulauan Karimunjawa dengan luasan yang berbeda-beda (Anonim, 2008). Berdasarkan hasil Kegiatan Inventarisasi Penyebaran Mangrove di Taman Nasional Karimunjawa tahun 2002 (Sunyoto et al, 2003) ditemukan

44 spesies mangrove yang termasuk dalam 25 famili. Dalam kawasan pelestarian ditemukan 25 spesies mangrove sejati dari 13 famili dan 18 spesies mangrove ikutan dari 7 famili. Sedang di luar kawasan ditemukan 5 spesies mangrove ikutan dari 5 famili berbeda. Pada tingkat tiang dan pohon hutan mangrove di kawasan Pulau Karimunjawa dan Kemujan didominasi jenis *Exoccaria agallocha* sedang jenis yang penyebarannya paling luas adalah *Rhizophora stylosa*.

d. Ekosistem Padang Lamun dan Rumpun Laut

Padang lamun tersebar di seluruh perairan Taman Nasional Karimunjawa sampai kedalaman 25 meter. Struktur komunitas padang lamun Pulau Karimunjawa tersusun atas 9 spesies yaitu *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichi*, *Cymodocea rotundata*, *Halodule uninervis*, *Halodule pinifolia*, *Halophila minor*, *Syringodium isoetiliun*, *Thalassodendron ciliatum* (Nababan et al, 2010).

e. Ekosistem terumbu karang

Ekosistem terumbu karang terdiri dari 3 tipe terumbu, yaitu terumbu karang pantai (fringing reef), penghalang (barrier reef) dan beberapa taka (patch reef). Ekosistem terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa terdiri atas 64 genera karang yang termasuk dalam 14 famili ordo scleractinian dan 3 ordo non scleractinian (Nababan et al, 2010). Sedangkan jenis yang mendominasi ekosistem ini adalah genera *Acropora* dan *Porites*. Lebih lanjut dinyatakan bahwa sampai dengan tahun 2009, persentase penutupan terumbu karang berkisar antara 7-69% dengan rata rata penutupan adalah 54,50%. Persentase penutupan terumbu karang di kawasan Taman Nasional Karimunjawa menunjukkan kenaikan persentase penutupan yang menggembirakan dari tahun 2004 yang berada pada kisaran 40%. Karakteristik ikan karang di Karimunjawa cukup unik. Keanekaragaman ikan karang yang ditemukan di Karimunjawa merupakan kondisi peralihan antara jenis-jenis ikan karang yang sering ditemukan di perairan Kepulauan Seribu dan di perairan Bali (Marnane et al , 2003). Sampai dengan tahun 2006, secara total jumlah spesies ikan karang yang ditemukan selama survey di seluruh perairan Karimunjawa adalah 353 spesies yang termasuk dalam 117 genus dan 43 famili. Keanekaragaman ini tergolong relatif tinggi jika dibandingkan daerah lain di perairan Pulau Jawa. Secara keseluruhan keseragaman spesies ikan karang bervariasi dari rendah di Tanjung Gelam hingga baik di sisi timur Pulau Sintok. Lebih lanjut dinyatakan bahwa ditemukan 5 spesies kima di dalam kawasan Taman Nasional Karimunjawa yaitu *T. derasa*, *T. crocea*, *T. maxima*,

T.squamosa, dan *Hipopus hipopus*, dengan kelimpahan terbanyak ditemukan di Pulau Kembar dan kelimpahan terendah di Pulau Cemara Besar. Spesies yang sedikit dijumpai adalah *Hipopus hipopus*. Saat ini dideteksi terjadi penurunan signifikan populasi kima yang ada dalam kawasan TN Karimunjawa. Di kepulauan Karimunjawa ditemukan 2 spesies penyu yaitu penyu Hijau (*Chelonia mydas*) dan Penyu Sisik (*Eretmochelys imbricate*). Sumaryati et al (2003) menyatakan bahwa terdapat 12 pulau dalam kawasan Taman Nasional Karimunjawa yang merupakan lokasi pendaratan dan peneluran penyu. Kehindahan terumbu karang.



Gambar IV. 3. Ekosistem bawah laut di Karimunjawa
(sumber:<http://content/uploads/2012/04/karimunjawa-underwater-coral>)

Diantara pulau-pulau tersebut, Pulau Sintok merupakan tempat bertelur penyu yang paling potensial (2003). Sebagai tindak lanjut sejak tahun 2005, Balai TN Karimunjawa telah mengembangkan tempat penetasan semi alami yang berlokasi di Pulau Menjangan Besar. Sampai saat ini sebanyak 5.887 butir telur telah berhasil ditetaskan. Namun demikian populasi penyu yang ada tetap mendapatkan tekanan yang berasal dari eksploitasi telur dan daging oleh manusia dan degradasi habitat penyu. Seperti yang terlihat pada Gambar IV. 4. Pulau Menjangan Besar.



Gambar IV. 4. Pulau Menjangan Besar (www.map.google.com.foto, 2011)

IV.2.2. Tempat Yang Selalu Di Kunjungi Wisatawan

Tempat-tempat yang biasanya dikunjungi para wisatawan diantaranya adalah:

1. Spot MAER (Tempat snorkeling)

Terletak di sebelah barat pulau menjangan cilik (kecil). Di spot ini terdapat banyak sekali ikan-ikan hias aneka warna, terumbu karang yang sangat indah. Wisatawan bisa melihat banyaknya ikan di spot maer ini, salah satu spot *snorkeling* terbaik yang ada di karimunjawa, wisatawan bisa berfoto underwater karena airnya jernih di spot maer dan terdapat berbagai terumbu karang dan ikan -ikan hias.

2. Pulau Menjangan Besar

Pulau menjangan besar karimunjawa merupakan pulau terbesar kedua setelah pulau karimunjawa, pulau ini juga pulau terdekat dari pelabuhan dan dermaga karimunjawa, jika ada melihat sunset sore di sekitar dermaga wisatawan bisa dengan jelas melihat pulau menjangan besar ini, pulau menjangan besar ini juga merupakan tujuan favorit para wisatawan yang datang baik wisatawan lokal maupun wisatawan mancanegara, karena di pulau menjangan besar ini terdapat penangkaran hiu. Jika ada berkunjung ke pulau menjangan besar ini, tidak lengkap jika tidak mengunjungi salah satu tempat spesial di karimunjawa yaitu penangkaran hiu, wisatawan dapat berenang dan berfoto dengan beberapa ikan hiu yang ada di kolam tersebut, sensasi adrenalin anda akan diuji di penangkaran hiu ini, selain itu juga terdapat beberapa biota laut yang di kembang biakkan di pulau ini, seperti kura kura, bintang laut, dan beberapa spesies ikan unik lainnya, wisatawan juga di perbolehkan memegang dan berfoto dengan para

biota laut yang cantik ini. Jika adan berkunjung ke kepulauan karimunjawa, anda harus dan wajib untung mengunjungi pulau menjangan besar ini.

3. Spot Gosong Cemara

Berada di sebelah timur pulau cemara gede (besar). Di spot ini wisatawan bisa melihat juga ikan-ikan hias tetapi tidak sebanyak di spot MAER, Spot ini lumayan dalam, terumbu karangnya masi asri, jika wisatawan beruntung bisa melihat penyu ataupun biota-biota laut lainnya.

4. Spot Nyamplungan

Letaknya di sebelah barat pulau karimunjawa, Sama seperti dua spot di atas, spot nyamplungan juga menawarkan keindahan bawah laut karimun java.

5. Pulau Tengah dan Pulau Cilik (Kecil)

Pulau ini berada di sebelah timur pulau karimunjawa, perjalanan dari pulau karimunjawa kira-kira membutuhkan waktu 2 jam memakai kapal motor. Di samping kanan ataupun kiri pulau terdapat pula tempat-tempat snorkeling, dengan terumbu karang dan biota laut yang tak kalah indahnya. Jika wisatawan beruntung akan melihat ikan lumba-lumba dalam perjalanan menuju pulau tersebut. Di tengah perjalanan, biasanya terlihat gundukan pasir yang terlihat jika air laut surut, tepatnya disebelah selatan pulau cilik. Untuk melihatnya dibutuhkan waktu kira-kira perjalanan 35 menit dari pulau karimunjawa, oleh masyarakat setempat gundukan pasir putih memanjang ini sering disebut dengan pulau gosong.

6. Pulau Geleang

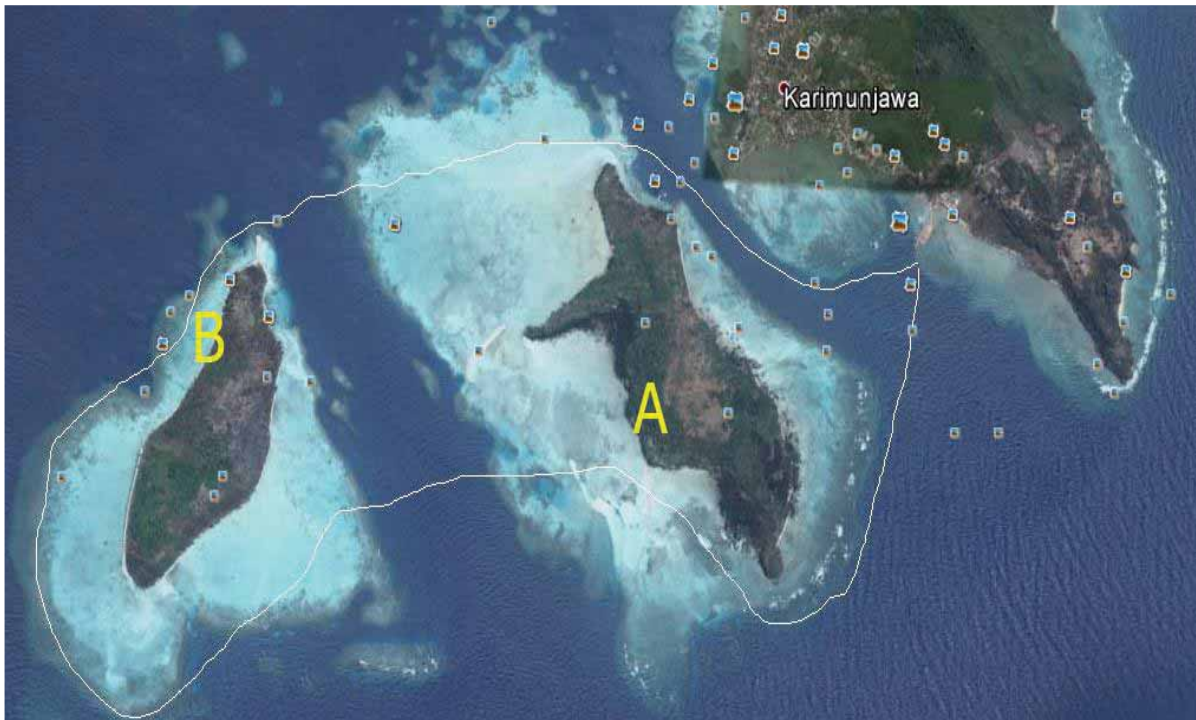
Posisinya di sebelah barat pulau karimunjawa, di sini pantainya cukup luas, bersih dan indah. Wisatawan bisa hanya berfoto ataupun bermain pasir di tempat ini. Selain itu pulau geleang juga sering dijadikan tempat untuk bakar ikan, karena pulaunya yang lumayan lebar.

IV.3. Pemilihan Rute Kapal dan Penentuan Payload

Penentuan jumlah penumpang dan pemilihan rute perjalanan akan di jelaskan pada sub-bab di bawah ini. Hal ini akan memberikan gambaran *owner requirements* kepada *designer* mengenai payload dan panjangnya lintasan perjalan kapal wisata katamaran.

IV.3.1. Rute Perjalanan Wisata

Berdasarkan potensi wisata yang ada di karimunjawa maka akan di pilih perjalanan menuju pulau menjangan besar dan menjangan kecilyang nanti akan berhenti di pulau tersebut.



Gambar IV. 5. Rute pelayaran kapal wisata katamaran (sumber: Aplikasi Google Earth)

Gambar IV.5 di atas menunjukkan rute pelayaran dari kapal wisata katamaran. Jalur pelayaran yang direncanakan diawali dari titik pemberangkatan di pelabuhan Karimunjawa kemudian menuju titik A yaitu pulau Menjangan Besar dan kemudian berhenti untuk mengunjungi penangkaran hiu, selain itu juga terdapat beberapa biota laut yang di kembang biakkan di pulau ini, seperti kura kura, bintang laut, dan beberapa spesies ikan unik lainnya, kemudian dilanjutkan ke titik B yaitu pulau Menjangan Kecil untuk melihat ikan-ikan hias aneka warna, terumbu karang yang sangat indah. Wisatawan bisa melihat banyaknya ikan di spot maer ini, salah satu spot *snorkeling* terbaik yang ada di karimunjawa, wisatawan bisa berfoto underwater karena airnya jernih di spot maer dan terdapat berbagai terumbu karang dan ikan -ikan hias. Kemudian akan mengelilingi kedua pulau tersebut dan kembali lagi di pelabuhan Karimunjawa. Pada Tabel IV.1 akan disajikan data mengenai jarak antara masing-

masing *spot* dengan pelabuhan Karimunjawa serta waktu tempuh untuk mencapai ke setiap *spot* dengan kecepatan dinas kapal 12 knot.

Tabel IV. 1. Data Jarak dan Waktu Tempuh Pelayaran

Berangkat	Tujuan	Jarak (km)	Kecepatan (knot)	Waktu Tempuh (menit)
Pelabuhan Karimunjawa	Pulau Menjangan Besar	2.292	12	7
Pulau Menjangan Besar	Pulau Menjangan Kecil	4.678	12	12
Pulau Menjangan Kecil	Pelabuhan Karimunjawa	4.586	12	12

Jarak tempuh = 1 nm = 1.852 km (google earth)

Dengan kecepatan kapal 12 Knot = 12 nm/jam = 22.224 km/jam

Dari data di atas, dapat diketahui bahwa dengan kecepatan 12 knot, dibutuhkan waktu 31 menit untuk totallama perjalanan. Karena nantinya dalam satu kali perjalanan juga akan singgah di pulau menjangan besar selama 100 menit dan di pulau menjangan kecil selama 120 menit maka di dalam satu kali perjalanan di butuhkan waktu kurang lebih 250 menit. Sehingga, dalam waktu satu hari dapat dilakukan dengan dua kali *trip*.

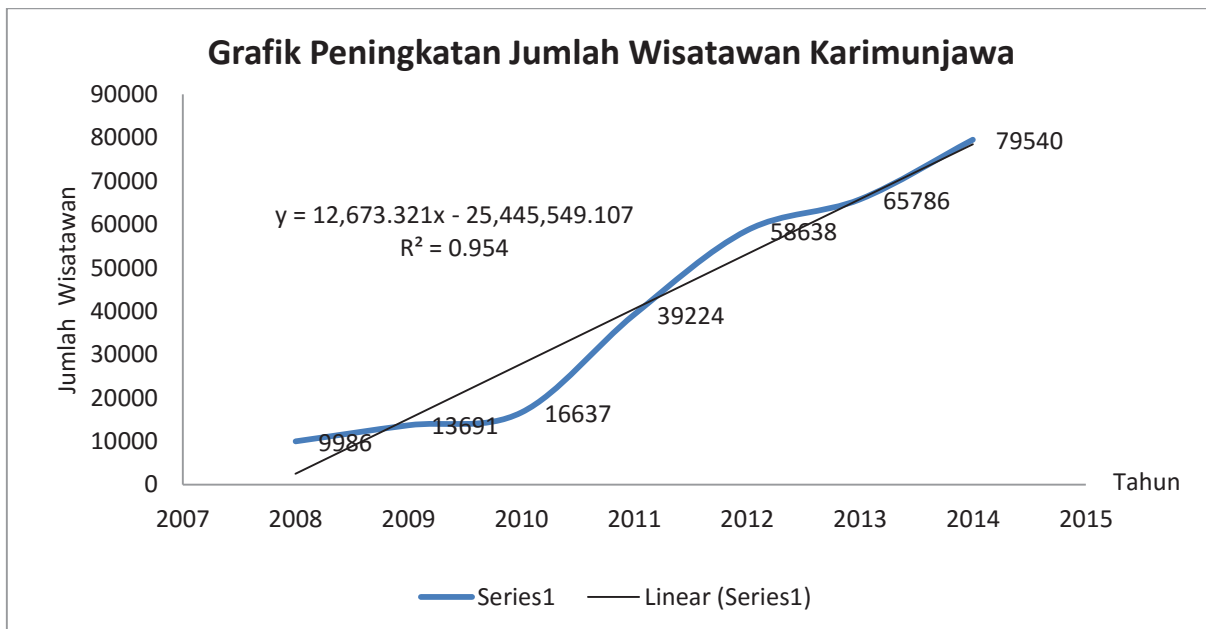
IV.3.2. Analisis Jumlah Penumpang

Objek wisata Taman Nasional Karimunjawa merupakan salah satu dari 9 Taman Laut Nasional di Indonesia berada di kepulauan Karimunjawa terletak pada kabupaten Jepara yang berjarak kurang lebih 45 mil laut dari kota Jepara dan kurang lebih 60 mil dari kota Semarang ibukota Jawa Tengah.

Bila ditelusuri dan dikaji dari beberapa faktor seperti faktor transportasi, Obyek Wisata Taman Nasional Karimunjawa memiliki akses transportasi yang masih minim, hanya melalui penyeberangan kapal dengan jadwal keberangkatan kapal pada hari-hari tertentu bila dibandingkan dengan akses ke objek wisata lain yang ada di kabupaten Jepara seperti Pantai Kartini dan Partai Tirta Samudra yang dapat langsung diakses melalui jalur transportasi darat. Namun walaupun memiliki akses transportasi terbatas, jumlah wisatawan baik wisatawan nusantara dan mancanegara selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada Tabel IV.2 dapat dilihat jumlah kunjungan wisatawan baik wisatawan nusantara maupun mancanegara dari tahun 2008-2014. (Anastachia, 2015)

Tabel IV. 2. Data Jumlah Kunjungan Wisatawan Ke Objek Wisata Taman Nasional Laut Karimunjawa Tahun (2008-2014)

Tahun	Wisnus	Wisman	Jumlah	Pertumbuhan (%)
2008	7837	2149	9986	-
2009	13691	-	13691	37.1
2010	15070	1567	16637	21.5
2011	37208	2016	39224	135.8
2012	53633	5005	58638	49.5
2013	59169	6617	65786	12.2
2014	72097	7443	79540	21.1
Jumlah	258705	24797	283502	-



Gambar IV. 6. Grafik Perkiraan Jumlah Wisatawan setiap tahun

Perkiraan jumlah wisatawan perhari dilakukan analisa dengan menggunakan regresi linear. Pada grafik di atas di dapatkan persamaan linear adalah $Y = 12673.321x - 25445549.107$ dengan nilai regresi $R^2 = 0.954$, maka diperkirakan jumlah wisatawan pada tahun 2016 seperti pada Tabel IV.3.

Tabel IV. 3. Perkiraan jumlah penumpang pada tahun 2008-2016

Tahun	Jumlah
2008	9986
2009	13691
2010	16637
2011	39224
2012	58638
2013	65786
2014	79540
2015	89054
2016	101337

Hasil dari perkiraan jumlah wisatawan kemudian akan di kalikan terlebih dahulu dengan faktor *error* sebesar 10%. Sehingga akan di peroleh jumlah wisatawan untuk tahun 2016 yang akan di jadikan patokan untuk menentukan jumlah penumpang dalam satu perjalanan wisata.

$$\begin{aligned}
 &\text{Jumlah Wisatawan,} \\
 &= 90\% \times 101337 = 91204 \text{ tahun 2016} \\
 &= 7600 / \text{bulan} \\
 &= 91204 / 365 = 125 \text{ wisatawan/hari}
 \end{aligned}$$

Jika jam kerja dalam satu hari kerja adalah 8 jam (480 menit) maka jika dibagi dengan lama satu kali perjalanan akan ada dua kali perjalanan wisata dalam sehari. Berdasarkan saran dari Dinas Pariwisata Kabupaten Karimunjawa, kapasitas kapal untuk kapal wisata yang dirancang disarankan 50 – 60% dari jumlah penumpang per harinya. Sehingga dalam sehari jika terdapat 125 wisatawan kemudian dibagi dua kali perjalanan dihasilkan 62-63 wisatawan dalam sekali *trip*.

Banyak wisatawan dalam satu kali perjalanan untuk desain kapal katamaran ini akan diambil 50 wisatawan. Hal ini disebabkan faktor kenyamanan penumpang, wisatawan setiap hari datang, hanya pada hari-hari tertentu mengikuti jadwal kapal yang menuju karimunjawa, dan keterbatasan serta kru untuk mengakomodasi wisatawan dalam perjalanan wisata dengan kapal katamaran.

BAB V

ANALISIS TEKNIS DAN PEMBAHASAN

V.1. Penentuan *Design Requirement*

Design requirement dalam Tugas Akhir ini adalah kapasitas penumpang, kecepatan kapal, dan rute pelayaran. Dari data Dinas Pariwisata Karimunjawa, jumlah wisatawan yang berkunjung ke Kepulauan Karimunjawa sejak tahun 2008 hingga tahun 2014 terus mengalami peningkatan. Hal itu bisa dilihat pada Tabel V.1 di bawah ini.

Tabel V. 1. Data Wisatawan Taman Nasional Laut Karimunjawa 2008-2014 menurut data Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kab. Jepara

Tahun	Wisnus	Wisman	Jumlah	Pertumbuhan (%)
2008	7837	2149	9986	-
2009	13691	-	13691	37.1
2010	15070	1567	16637	21.5
2011	37208	2016	39224	135.8
2012	53633	5005	58638	49.5
2013	59169	6617	65786	12.2
2014	72097	7443	79540	21.1
Jumlah	258705	24797	283502	-

(Anasthacia, 2015)

Sementara itu, menurut keterangan Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Propinsi Jawa Tengah pada tahun 2014 menyebutkan bahwa hampir 90 % dari seluruh wisatawan mengunjungi Karimunjawa dengan alasan fasilitas yang tersedia lebih lengkap (Anasthacia, 2015). Sehingga, dari keterangan tersebut dapat dihitung jumlah wisatawan yang berkunjung ke Kepulauan Karimunjawa pada tahun 2015 dan 2016. Dari data di atas, kemudian dilakukan perhitungan regresi linier untuk memperkirakan jumlah wisatawan yang berkunjung pada tahun 2015 dan 2016. Dari perhitungan tersebut, diperoleh data bahwa pada tahun 2015 jumlah wisatawan Karimunjawa diperkirakan mencapai 89,054 pengunjung dan pada tahun 2016 mencapai 101,337 pengunjung. Sedangkan jika diuraikan lebih detail lagi, jumlah wisatawan Karimunjawa pada tahun 2016 sebanyak 125 orang per hari. Berdasarkan analisis tersebut, maka penulis menentukan jumlah *payload* kapal sebanyak 50 orang.

V.2. Penentuan Ukuran Utama Kapal

Pada Tugas Akhir ini ukuran utama ditentukan berdasarkan metode optimasi. Metode optimasi yang digunakan adalah teknik *Constrained Non-Linear Optimization*. Metode optimasi ini disusun menggunakan *tools* Solver yang terdapat pada software Microsoft Excel. Ukuran utama tersebut dihitung dengan menggunakan batasan minimal dan maksimal dari data kapal pembanding agar didapatkan hasil ukuran utama yang optimal.

Pada Tugas Akhir ini, yang digunakan sebagai variabel bebas adalah jumlah penumpang dari masing-masing kapal pembanding. Sedangkan untuk variabel tak bebasnya ada beberapa macam. Yakni, *Length of water line* (L_{wl}), lebar keseluruhan kapal (B), lebar setiap lambung atau *demihull* (B_1), tinggi kapal (H), serta sarat kapal (T). Untuk menentukan fungsi dari setiap pasangan variabel bebas dan variabel tak bebas menggunakan bantuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik mirip dengan kapal wisata katamaran. Jumlah kapal pembanding yang digunakan sebanyak 10 unit. Data teknis dari masing-masing kapal pembanding dapat dilihat pada Tabel V. 2 di bawah ini.

Tabel V. 2. Data Kapal Pembanding *cruising catamaran* (boatingturkey.net,2013)

No.	Nama Kapal	Displacement	Lwl (m)	B (m)	B1 (m)	H (m)	T (m)	Vs
1	BT B-405	20,413	13	7	1.65	2.5	1.2	16.4
2	BT F-403	20,491	13	7	1.59	2.5	1.25	19
3	BT F-411	20,362	13	7	1.58	2.5	1.25	20.6
4	BT A-402	19,922	12.8	6.7	1.57	2.4	1.25	14.9
5	BT A-307	19,820	12.8	6.7	1.56	2.4	0.945	13.4
6	BT B-310	19,784	11.6	6.63	1.87	2.4	1.15	16.3
7	BT A-405	19,235	11.6	6.63	1.83	2.4	0.894	14.6
8	BT R-401	25,058	17.63	10.21	1.74	2.6	0.83	16
9	BT Y-402	24,684	11.97	7.25	2.15	2.5	1.21	17.2
10	BT R-402	25,629	12.61	7.5	2.12	2.6	1.21	16.5
Min :		19,235	11.60	6.63	1.56	2.40	0.83	13.40
Max :		25,629	17.63	10.21	2.15	2.60	1.25	20.60

V.2.1. Komponen Model Optimisasi

Suatu model optimisasi tentunya terdiri dari komponen-komponen penyusun model tersebut. Komponen-komponen model optimisasi tersebut antara lain :

a. *Variable*

Variabel adalah komponen yang harga atau nilainya akan dicari dalam sebuah proses optimisasi (Haryadi, 2006). Untuk mendapatkan ukuran utama yang optimal dalam desain kapal katamaran ini, maka variabel yang ditentukan adalah ukuran utama dan koefisien bentuk dari kapal katamaran ini yaitu:

1. L (*Length*, panjang keseluruhan kapal)
2. B (*Breadth*, lebar total kapal)
3. B1 (*Breadth each hull*, lebar tiap lambung kapal)
4. H (*Height*, tinggi kapal sampai geladak utama)
5. T (*Draft*, sarat kapal)
6. S (lebar *demihull* antar lambung)

Initial value dalam proses optimasi selanjutnya dimasukkan sebagai ukuran utama awal. *Initial value* ini kemudian akan diproses oleh Solver sehingga menghasilkan ukuran utama yang optimal dan memenuhi batasan-batasan yang ditentukan. Penentuan *Initial value* ini didasarkan pada kapal pembanding, yaitu :

L	= 17.5	m
B	= 10.2	m
H	= 2.65	m
T	= 0.891	m
B1	= 1.742	m

b. Batasan-batasan (*Constraints*)

Batasan-batasan (constraints) adalah nilai minimum maupun maksimum yang ditentukan berdasarkan kondisi dilapangan, perhitungan teknis, ataupun persyaratan-persyaratan yang dikeluarkan oleh pemegang regulasi baik nasional maupun internasional. Batasan-batasan terdiri dari beberapa bagian yaitu, batasan ukuran utama kapal, batasan ukuran rasio ukuran utama, batasan kapasitas kapal, dan batasan stabilitas kapal. Batasan ukuran utama ditentukan berdasarkan data kapal pembanding yang sudah diperoleh. Batasan rasio ukuran utama kapal didapatkan dari studi literature dan kapal-kapal katamaran yang sudah ada sekarang. Batasan kapasitas ditentukan berdasarkan prosentase dari selisih displacement kapal dengan jumlah LWT dan DWT agar bisa mengapung sesuai hukum Archimedes. Sedangkan batasan stabilitas ditentukan berdasarkan regulasi yang dikeluarkan oleh Marine Guide Notices (MGN) 280 *Chapter 11 Section 3.7*.

Adapun batasan-batasan (*constraints*) tersebut adalah sebagai berikut:

- Batasan perbandingan ukuran utama kapal didapatkan dari paper (Insel and Molland, 1998) tentang persyaratan untuk perhitungan hambatan kapal katamaran.

Tabel V. 3. Batasan perbandingan ukuran utama kapal

	Unit	Symbol	Min	Value	Max
L/B ₁	-	-	5.9	10.6	11.1
L/H	-	-	5.9	7.23	11.1
B/H	-	-	0.7	3.968	4.1
S/L	-	-	0.19	0.36	0.51
S/B ₁	-	-	0.9	3.818	4.1
B ₁ /T	-	-	0.9	2.049	3.1
B ₁ /B	-	-	0.17	0.172	0.3
CB	-	-	0.36	0.371	0.59

- Batasan hukum Archimedes antara *displacement* kapal dan berat total kapal (LWT + DWT).

Tabel V. 4. Batasan kapasitas kapal sesuai Hukum Archimedes

	Unit	Symbol	Min	Value	Max
Displacement = $2 * L * B * T * \rho$	kg	Δ		20000	
DWT	kg			4904	
LWT	kg			14461	
Displacement = DWT + LWT	kg	Δ		19365	
Selisih Displacement	%		0	3.28	5

- Batasan stabilitas didapatkan dari *Marine Guide Notices* (MGN) 280 *Chapter 11 Section 3.7*.

Tabel V. 5. Batasan-batasan stabilitas dan lambung timbul (*freeboard*) kapal

Perhitungan stabilitas	Area 0 to 30	m.rad	0,055	1.4126
	Area 0 to 40	m.rad	0,090	1.8903
	Area 30 to 40	m.rad	0,030	0.5521
	Max GZ at 30 or greater	m	0.200	3.221
	Angle of maximum GZ	deg	15.0	20.0
	Initial GMt	m	0.350	18.342
	Passenger crowding	deg	10.0	3.1
Freeboard	fs (Freeboard)	cm	87.191	164.0087

c. *Constant*

Constant atau konstanta adalah suatu nilai yang besarnya tidak berubah selama proses optimasi berlangsung sampai berakhir. Yang termasuk kedalam konstanta dalam perhitungan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Tabel V. 6. Konstanta dalam proses optimasi

	Unit	Symbol	Value
Massa Jenis Air	kg/m ³	ρ air tawar	1000
Massa Jenis Air Laut	kg/m ³	ρ air laut	1025
Gravitasi	m/s ²	g	9.81
Tekanan Atmosfer	kg/m ²	P	10100
Koefisien Viskositas Kinematik	m/s	u	1.19E-06

d. *Parameter*

Parameter merupakan nilai-nilai yang besarnya tidak berubah selama satu kali proses optimasi. *Parameter* dalam perhitungan ini adalah *owner requirement*. Berikut ini adalah komponen-komponen parameter yang dipakai, yaitu :

Tabel V. 7. *Parameter* yang dipakai pada model optimasi

	Unit	Symbol	Value
Jumlah Crew	Orang		4
Berat Crew	kg		75
Kapasitas Penumpang	Orang		50
Berat Penumpang	kg		3750
Radius Pelayaran	Nm		900
Lama Pelayaran	jam		1.125
Kecepatan Dinas	knot	V _s	12.5
Kecepatan Maksimal	knot	V _{max}	15

e. *Objective Function*

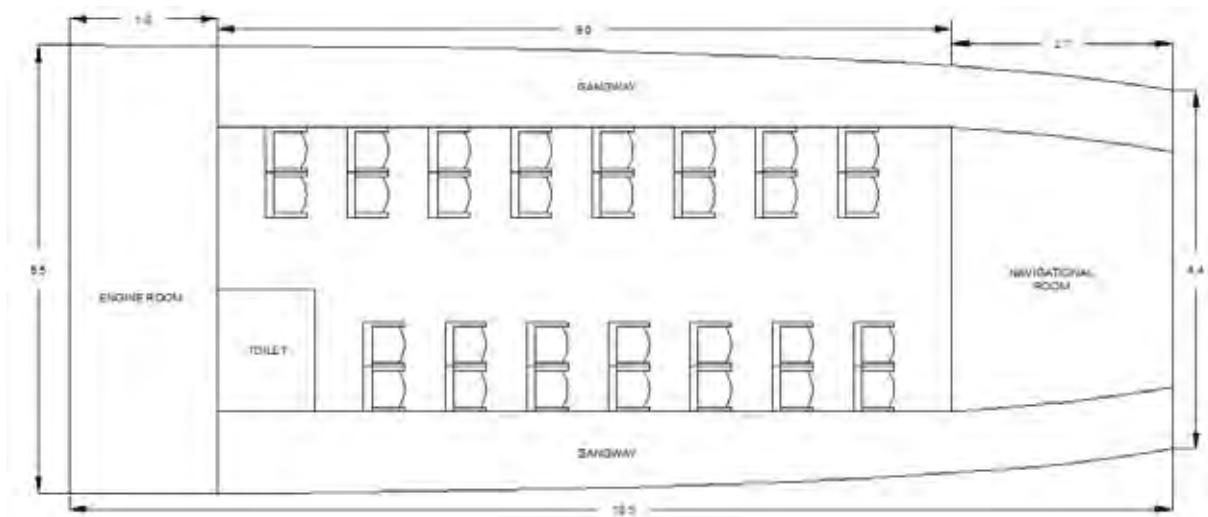
Dalam model optimasi Tugas Akhir ini yang menjadi *objective function* adalah *building cost* yang paling rendah. *Building cost* ini selalu berbanding lurus dengan ukuran utama kapal. Oleh sebab itu, model optimasi akan mencari kombinasi dari tiap komponen yang ada untuk menghasilkan ukuran utama optimal.

Tabel V. 8. *Objective function* pada model optimasi

	Value	Unit
Lambung Kapal (hull)	3253.75	USD
Geladak Kapal (deck)	8287.32	USD
Konstruksi Lambung	2476.37	USD
Elektroda	268.87	USD
Railing dan Tiang Penyangga	3100.28	USD
Atap Kapal	6672.57	USD
Kaca Polycarbonate	4285.57	USD
Komponen Kelistrikan	3270.12	USD
Motor Inboard	120648.22	USD
Total Building Cost	152263.07	USD

V.2.2. Layout Awal Kapal

Pembuatan *layout* awal kapal didasarkan pada ukuran utama awal yang telah didapatkan. Pembuatan *layout* awal ini bertujuan untuk mengetahui apakah ukuran utama kapal mampu untuk menampung jumlah penumpang maksimum yang telah direncanakan. Di samping itu juga untuk melihat gambaran umum dari bentuk kapal sebelum dilakukan perhitungan teknis. Bentuk *layout* awal kapal katamaran dapat dilihat pada Gambar V. 1 di bawah ini.

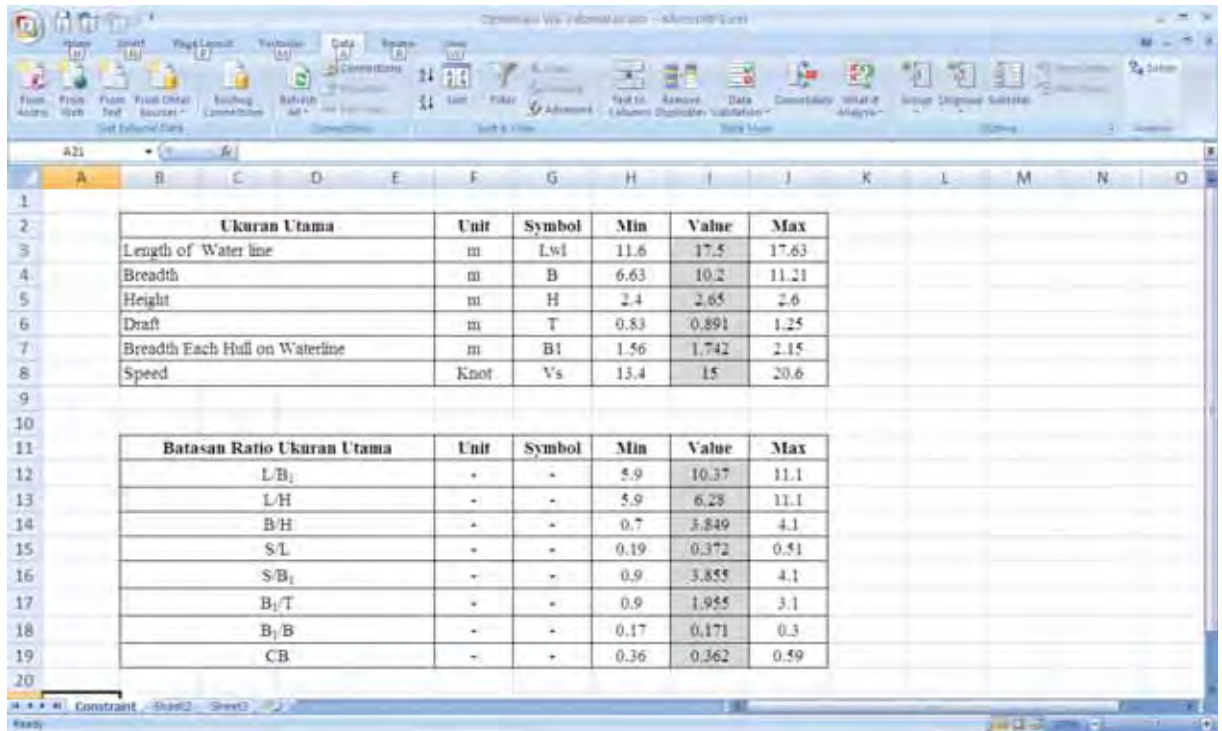


Gambar V. 1. Layout Awal *Seating Arrangement* kapal wisata katamaran

V.2.3. Langkah Proses Optimisasi

Langkah-langkah dalam penyusunan solver agar didapatkan ukuran utama yang optimum adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengecekan terhadap *tool* Solver apakah sudah terinstall atau belum. Jika Solver sudah terinstal pada *software* Microsoft Excel akan muncul pada tampilan *menu bar* **Data**, lalu dibagian pojok kanan terlihat menu **Solver** seperti terlihat pada Gambar V.2 (Ms. Excel 2007). Apabila *tools* solver belum terinstal, maka dilakukan penginstalan solver terlebih dahulu dengan memilih **Solver Add-Ins** pada *menu* **Excel Option**.



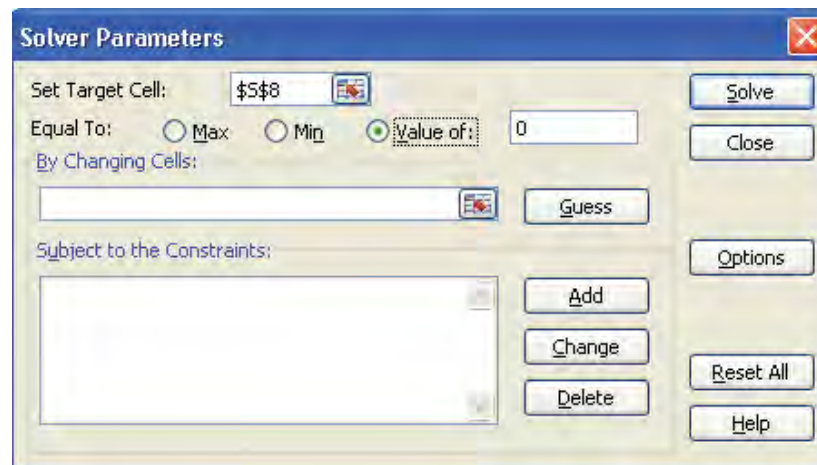
The screenshot shows the Microsoft Excel 2007 interface. The 'Data' ribbon is active, and the 'Solver' button is visible in the bottom right corner of the ribbon. The spreadsheet contains two tables of data related to ship design parameters.

Ukuran Utama		Unit	Symbol	Min	Value	Max
Length of Water line	m	Lwl	11.6	17.5	17.63	
Breadth	m	B	6.63	10.2	11.21	
Height	m	H	2.4	2.65	2.6	
Draft	m	T	0.83	0.891	1.25	
Breadth Each Hull on Waterline	m	B1	1.56	1.742	2.15	
Speed	Knot	Vs	13.4	15	20.6	

Batasan Ratio Ukuran Utama		Unit	Symbol	Min	Value	Max
L/B ₁	-	-	5.9	10.37	11.1	
L/H	-	-	5.9	6.28	11.1	
B/H	-	-	0.7	3.849	4.1	
S/L	-	-	0.19	0.372	0.51	
S/B ₁	-	-	0.9	3.855	4.1	
B ₁ /T	-	-	0.9	1.955	3.1	
B ₁ /B	-	-	0.17	0.171	0.3	
CB	-	-	0.36	0.362	0.59	

Gambar V. 2. Letak menu Solver pada Microsoft Excel

2. Setelah memilih Solver, maka akan muncul tampilan seperti pada gambar dibawah ini.



The screenshot shows the 'Solver Parameters' dialog box. The 'Set Target Cell' is set to '\$5\$8'. The 'Equal To' section has three radio buttons: 'Max', 'Min', and 'Value of:', with 'Value of:' selected. The 'By Changing Cells' section is empty. The 'Subject to the Constraints' section is also empty. There are buttons for 'Solve', 'Close', 'Guess', 'Options', 'Add', 'Change', 'Delete', 'Reset All', and 'Help'.

Gambar V. 3. Tampilan jendela *tools* Solver

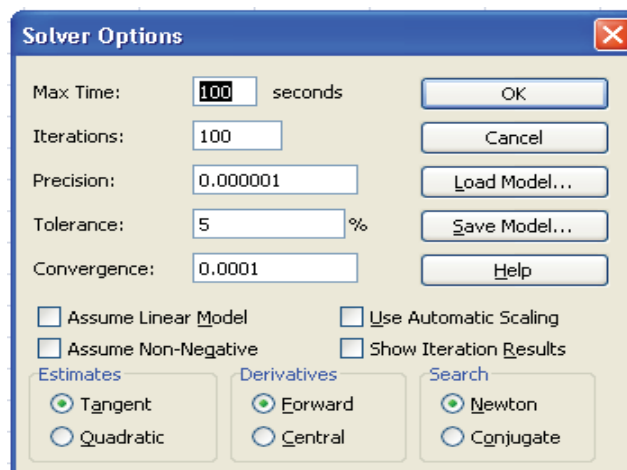
Setelah jendela solver ditampilkan, pada kotak **Set Target Cell** dimasukan nilai fungsi objektif dari model optimisasi yang telah dibuat sebelumnya. Pada menu **Equal To** dibawahnya terdapat pilihan **Min** dan **Max**, artinya fungsi objektif yang kita masukan tadi selanjutnya bisa diminimalkan atau dimaksimalkan sesuai tujuan.

3. Selanjutnya pada kotak **By Changing Cells** dipilih *cells* nilai variable yang akan dicari melalui proses optimisasi. Langkah ini dilakukan dengan cara memblok sel variable.
4. Pada langkah berikutnya, dimasukkan batasan-batasan (*constraints*) dengan cara klik pada tombol **Add**, lalu memasukkan sesuai batasan kurang dari sama dengan (\leq) atau lebih dari sama dengan (\geq). Seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



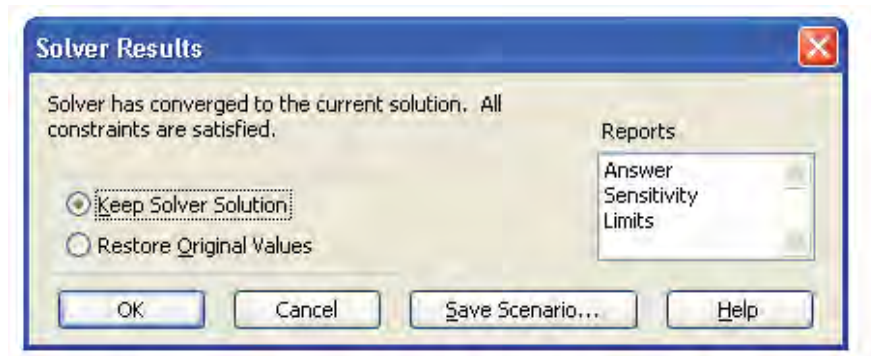
Gambar V. 4. Input *constraints* pada Solver

5. Apabila semua batasan sudah dimasukkan dengan benar, maka pilihlah tombol option untuk melakukan pemeriksaan terhadap nilai **max time**, **iterations**, **precision**, **tolerance**, dan **convergence** sebelum pada akhirnya dilakukan proses **running**. Berikut ini tampilan dari jendela Solver Options.



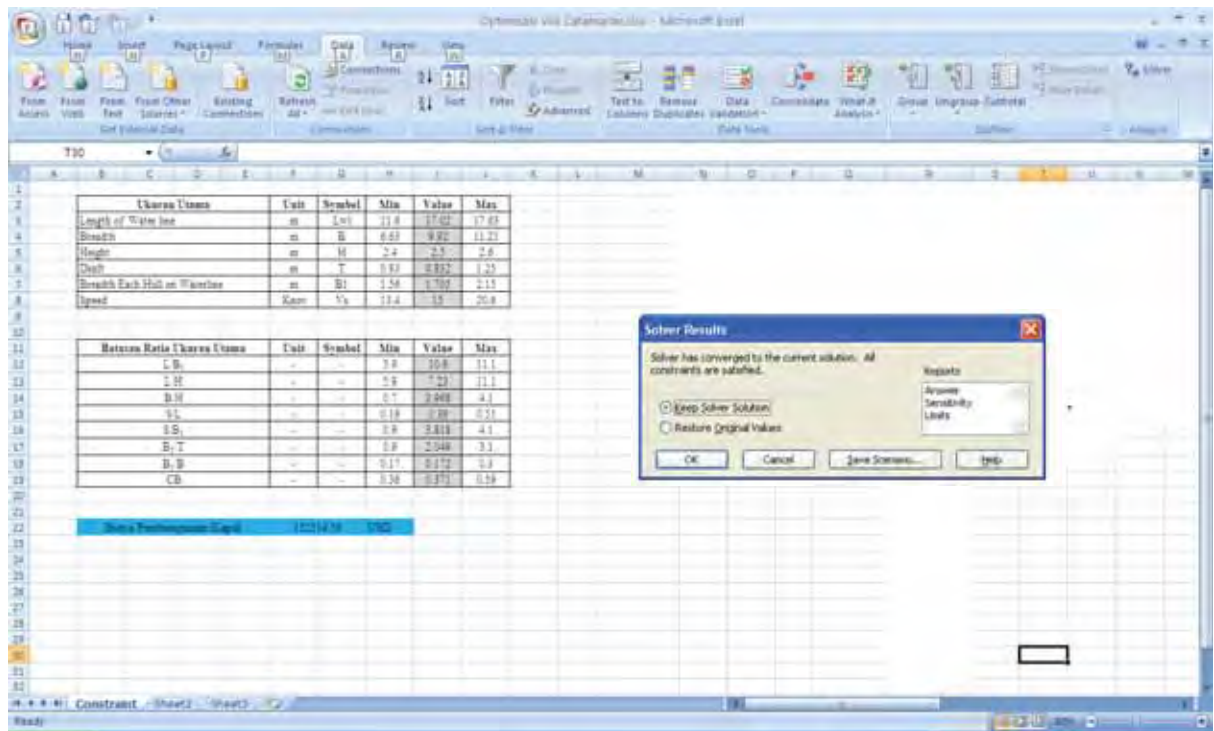
Gambar V. 5.Solver *options*

6. Setelah pemeriksaan pada jendela **Solver options** selesai dilakukan, maka pilih **OK** dan klik tombol **Solve** untuk melakukan proses running. Jika semua komponen telah tersusun dengan benar dan menemukan nilai-nilai variable yang optimum, maka akan muncul jendela seperti gambar V.6.



Gambar V. 6. Pemberitahuan ketika Solver berhasil melakukan optimisasi.

7. Solver yang telah menemukan solusi akan memperlihatkan nilai akhir yang berbeda dari initial value yang dimasukkan pada sel variable, dimana nilai akhir tersebut dikatakan sudah optimum.
8. Apabila solver tidak menemukan solusi, maka akan muncul pesan “*Solver could not find a feasible solution*” sehingga dilakukan proses *running* lagi hingga ditemukan solusi dari model optimisasi yang telah dibuat.
9. Apabila setelah *running* diulang namun solver masih belum menemukan solusi, maka perlu dilakukan pengecekan pada penyusunan batasan-batasan, variable, maupun parameter yang berkaitan. Selain itu langkah selanjutnya adalah melakukan perubahan terhadap **max time**, **iterations**, **precision**, **tolerance**, dan **convergence** yang terdapat pada **Solver Options**.
10. Untuk memperoleh hasil dari proses *running* yang telah dijalankan, dapat dilihat dengan mengklik pilihan **Answer**, **Sensitivity**, dan **Limits** pada kotak **Reports** lalu tekan **OK**. Hasil dari Solver untuk ukuran utama dapat di lihat pada Gambar V. 7.



Gambar V. 7. Hasil optimisasi ukuran utama pada Solver

V.2.4. Hasil Optimisasi

Hasil optimisasi berupa ukuran utama kapal optimal yang memenuhi semua *constraint*(batasan) mulai dari batasan ukuran utama kapal, batasan perbandingan ukuran utama, batasan stabilitas, hukum Archimedes, *trim*, serta *freeboard*. Hasil Optimisasi pada Tabel V. 9 dengan menggunakan Solver adalah sebagai berikut:

Tabel V. 9. Hasil optimisasi yang didapat dari Solver

Hasil Optimisasi			
Lwl	17.02	m	
B	9.92	m	
B1	1.705	m	
H	2.5	m	
T	0.832	m	
VS	15	Knot	
S (lebar antar lambung)	6.51	m	

V.3. Perhitungan Awal

Setelah didapatkan ukuran utama kapal yang optimal serta desain *lines plan*, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan perhitungan awal. Perhitungan awal meliputi perhitungan *froud number*, perhitungan *coefficient* (C_b , C_m , C_p , dan C_{wp}) serta *displacement* dan *volume displacement*.

V.3.1. Perhitungan *Froud Number*

Froud Number dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$Fn = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}}$$

Ref: (PNA vol.2 hal 54)

Dimana :

Fn = froud number (0 - 1,0)

V = kecepatan kapal (knot)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

L = panjang kapal (m)

Dari hasil optimasi didapatkan :

V_s = 15 knot

= 7,716 m/s

L = 18,072 m

Maka :

Fn = $\frac{7,716}{\sqrt{9,81 \times 18,072}}$

= 0,579

V.3.2. Perhitungan *Displacement*

Perhitungan *displacement* pada Tugas Akhir ini dilakukan dengan mengambil dari artikel yang ditulis oleh Terho Halme, diperoleh harga koefisien DWT untuk Kapal Cruising Catamaran yaitu :

a. *Displacement* (Δ)

Berat Muatan =	20%	Displacement
Jumlah Penumpang =	50	
Berat Penumpang @	75 Kg	
Berat Barang Bawaan @	5 Kg	
Berat Muatan =	4000 Kg	; 20%
Total Displacement =	5*Berat Muatan	
=	20000 Kg	

$$= 20 \text{ Ton}$$

b. *VolumeDisplacement*(∇)

$$\nabla_t = \Delta/\rho$$

Dimana :

∇_t = *volume displacemet total*

ρ = massa jenis fluida (1025 kg/m³)

Maka volume total, $\nabla_t = 20000/1025$
 $= 19.512 \text{ m}^3$

V.3.4. Perhitungan *Coefficient*

a. Block Coefficient (C_b)

$$C_B = \nabla / (L \cdot B \cdot T)$$

(*Practical Evaluation Of Resistance Of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part 1*)

C_b untuk satu *hull* :

$$C_b = \frac{9756}{18,072 \times 1,705 \times 0,832}$$

$$= 0,381$$

b. *Midship Coefficient* (C_m)

$$C_M = A_M / (T \cdot B_M)$$

(www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html)

$$A_M = 0.375 \text{ m}^2 \text{ (luas station midhip)}$$

$$B_M = 0.943 \text{ m}^2 \text{ (lebar lambung di midship setinggi sarat)}$$

$$C_m = \frac{0,375}{0,832 \times 0,943}$$

$$= 0,478$$

c. *Prismatic Coefficient (Cp)*

$$C_P = \nabla / (A_S \cdot L_{WL})$$

(www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html)

$$A_S = 0,76 \text{ m}^2 \text{ (luas station setinggi sarat)}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } C_P &= \frac{9756}{0,76 \times 17,02} \\ &= 0,754 \end{aligned}$$

d. *Waterplane Coefficient (Cwp)*

$$C_{WP} = A_{WP} / (B_{WL} \cdot L_{WL})$$

(www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html)

$$A_{wp} = 7,2 \text{ m}^2$$

$$B_{wl} = 1,112 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } C_{wp} &= \frac{7,2}{1,112 \times 17,02} \\ &= 0,380 \end{aligned}$$

V.4. Perhitungan Hambatan Kapal Total (Rt)

Perhitungan hambatan total dilakukan dengan metode yang didapat dari paper M. Insel dan A.f. Molland. Formula dalam metode tersebut adalah :

$$C_{tot} = (1 + \beta k) \cdot C_f + \tau \cdot C_w$$

(M. Insel and A.F. Molland, hal 11-12)

Dimana : $(1 + \beta k)$ = *catamaran viscous resistance interference*

C_f = *viscous resistance*

τ = *catamaran wave resistance interference*

C_w = *wave resistance*

Metode tersebut memasukkan faktor interferensi dikarenakan *catamaran* terdiri dari dua lambung yang berdekatan, yang dipisahkan oleh suatu struktur yang disebut *demihull*, sehingga gelombang yang ditimbulkan oleh satu lambung dengan lambung yang

lain akan mengalami interferensi dan saling mengurangi. Hal ini mengakibatkan nilai hambatan total akan lebih kecil.

Di dalam percobaanya menghitung hambatan total, (Insel-Molland, 1998) mengasumsikan kapal *catamaran* dengan kapal *demihull* yang ditambahkan dengan harga interferensi yang diakibatkan oleh lambung yang berjarak S dari *center line*-nya. Harga dari tahanan total ini tetap dikalikan 2 (dua) mengingat luas permukaan basah (WSA) ada pada tiap lambung. Hambatan total dapat dihitung dengan formula dibawah ini.

$$R_t = 0.5 \times \rho \times WSA \times V^2 \times 2 C_{tot}$$

Dimana : ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

WSA = luas permukaan badan kapal yang tercelup air (m^2)

V^2 = kecepatan kapal (m/s)

C_{tot} = koefisien hambatan total *catamaran*

Dalam perhitungan ini, hambatan total yang dihitung adalah untuk kecepatan maksimum kapal (V_{max}). Hal ini dilakukan untuk mengetahui besarnya daya mesin maksimal yang digunakan nantinya.

V.4.1. *Catamaran Viscous Resistance Interference* ($1+\beta k$)

Untuk model kapal dengan bentuk *round bilge hull* maka harga ($1+\beta k$) dapat ditentukan dengan dilakukan interpolasi harga β dari 3 model (model C4, C5, dan C6) yang diperoleh oleh m. Insel dan A.F. Molland. Interpolasi dilakukan dengan variasi $S/B1$ dari tiap model kapal. S adalah lebar *demihull*, $B1$ adalah lebar satu lambung, dan L adalah panjang kapal.

Tabel V. 10. Harga β untuk tiga variasi S/B

		S/B1				
		1	2	3	4	5
β	L/B1	7	9	11		
	1.32	1.32	1.54	2.29		
	1.6	1.57	1.52	2.27		

Dari ukuran utama optimal didapatkan nilai :

$$S/B1 = 1,818182$$

$$L/B1 = 9,982$$

Setelah dilakukan interpolasi dari nilai tersebut, maka didapatkan nilai β , yaitu :

Tabel V. 11. Harga $(1+k)$ untuk tiga variasi L/B1

Model	C4	C5	
L/B1	9	11	9.9824
$(1+k)$	1.3	1.17	1.23614

Nilai $(1+k)$ yang didapatkan adalah : $(1+k) = 1,236144$

Formula untuk menghitung $(1+\beta k)$ adalah :

$$(1+\beta k) = (\beta \times (1+k)) - \beta + 1$$

Dari formula tersebut, maka didapatkan nilai $(1+\beta k) = 1,444861$

V.4.2. Viscous Resistance (Cf)

Perhitungan viscous resistance dilakukan dengan metode dari ITTC tahun 1957 dimana formula untuk menghitung Cf adalah sebagai berikut :

$$C_F = 0.075 / ((\log R_n - 2))^2$$

Dimana : R_n = Reynolds number

$$R_n = \frac{L_{wl} \cdot V_s}{\nu}$$

V = kecepatan kapal

L = panjang kapal

ν = viskositas kinematik

Dengan: $V = 15$ knot

$$= 7,72 \text{ m/s}$$

$$L = 17,020 \text{ m}$$

$$\nu = 1,18831 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

maka nilai $R_n = 110515202,3$

Setelah didapatkan nilai R_n , maka dapat dilakukan perhitungan Cf.

Didapatkan nilai Cf dengan formula diatas yaitu, $C_f = 0.002054$

V.4.3. *Catamaran Wave Resistance Interference* (τ)

Untuk model kapal dengan bentuk *round bilge hull* maka untuk mendapatkan harga τ dapat dilakukan dengan cara beberapa penginterpolasian disesuaikan dengan S/L, Fn, dan L/B1 seperti terlihat pada Tabel V.12 dibawah ini.

Tabel V. 12. Harga τ untuk variasi L/B1, Fn, dan S/L

		(S/L) ₁ = 0.2		(S/L) ₂ = 0.3	
		Fn		Fn	
		0.4	0.5	0.4	0.5
τ	L/B1	1.8	1.76	1.15	1.42
	L/B1	1.8	1.65	1.3	1.38

Dari data ukuran utama optimal didapatkan harga S/L, L/B, dan Fn untuk kecepatan kapal maksimum, antara lain :

$$S/L = 0.182491$$

$$L/B1 = 9,982$$

$$Fn = 0,580$$

Dari nilai τ pada table di atas serta perbandingan ukuran utama dan Fn, maka didapatkan harga τ untuk kecepatan kapal maksimum dengan cara interpolasi. Harga yang didapatkan adalah :

$$\tau = 1,466235$$

V.4.4. *Wave Resistance* (C_w)

Harga *wave resistance* C_w dapat ditentukan dengan cara interpolasi dari *wave resistance* ketiga model yang diperoleh M. Insel dan A.F. Molland. Harga C_w ini didapatkan dari pengujian tarik dari tiga model yang berbeda . Harga C_w dari M. Insel dan A.F. Molland ditampilkan pada table V.13 di bawah ini.

Tabel V. 13. Harga C_w untuk variasi Fn dan L/B1

		Fn	
		0.4	0.5
C_w	L/B1	0.0032	0.0042
	L/B1	0.0026	0.0027

Dari ukuran utama optimal didapat :

$$L/B1 = 9,982$$

$$Fn = 0,580$$

Setelah dilakukan interpolasi maka didapatkan harga C_w

$$C_w = 0,0039$$

Harga tiap komponen di atas kemudian dimasukkan kedalam formula hambatan total di atas untuk mendapatkan nilai koefisien hambatan *catamaran* total (C_{tot}). Harga tiap komponen hambatan antara lain :

- $(1+\beta k) = 1,444861$
- $C_f = 0.002054$
- $\tau = 1,466235$
- $C_w = 0,0039$

Maka,

$$C_{tot} = 8,695 \times 10^{-3}$$

Harga C_{tot} tersebut kemudian di dalam rumus WSA

$$WSA = (\nabla / B_1) [(1.7 / (C_b - (0.2(C_b - 0.65)))) + (B_1 / T)] \quad m^2$$

(Ref: *Practical Evaluation of Resistance of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part I*)

Wetted Surface Area:

$$S = 1.7LT + \frac{\nabla}{T} m^2 \text{ as per Mumford}$$

$$S = \frac{\nabla}{B} \left[\frac{1.7}{C_B - 0.2(C_B - 0.65)} + \frac{B}{T} \right] m^2$$

Didapatkan nilai $WSA = 34,11656 \text{ m}^2$, untuk satu lambung

Karena katamaran mempunyai 2 lambung, maka WSA-nya adalah :

$$WSA_{total} = 68,23313 \text{ m}^2$$

Sehingga,

$$R_t = 0.5 \times \rho \times WSA \times V^2 \times C_{tot}$$

$$R_t = 18103,19 \text{ N}$$

$$R_t = 18,103 \text{ kN}$$

V.5. Perhitungan Power dan Pemilihan Mesin Induk

V.5.1. Perhitungan Power

Setelah nilai hambatan total (R_T) diketahui langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan power yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal. Nilai dan formula untuk menghitung powering dapat dilihat dibawah ini.

$$EHP = R_t \times V$$

$$EHP = 18,103 \times 7,716$$

$$= 139,684 \text{ kW} ; \quad 1 \text{ HP} = 0,7355 \text{ kW}$$

$$= 189,917 \text{ HP}$$

Dari hitungan di atas dapat diketahui bahwa nilai EHP (effective Horse Power) adalah sama dengan 189,917 HP.

Dari EHP ini kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai BHP yang akan digunakan untuk menentukan pemilihan motor induk.

$$P_c = \eta_{rr} \times \eta_p \times \eta_H$$

Dimana:

η_p : efisiensi baling-baling yang terpasang pada bagian belakang kapal

η_{rr} : efisiensi rotative relative

η_H : efisiensi bentuk badan kapal

Untuk menentukan nilai efisiensi tersebut diatas, dilakukan interpolasi *langrange* sebagai berikut:

$$\eta_p, \eta_r, f(x) = f(x) = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} * f(x_0) + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} * f(x_1)$$

$$\eta_p = f(x_0) = 0.66$$

$$\eta_{rr} = f(x_0) = 1.01$$

Sedangkan η_H didapatkan dengan formula sebagai berikut:

$$\eta_H = \frac{(1-t)}{(1-w)}$$

(Parametric Design, Chapter 11 hal 11-29)

Perhitungan daya delivery dari mesin induk adalah sebagai berikut:

$$DHP = EHP/PC$$

$$DHP = 249,6314 \text{ HP}$$

Setelah nilai DHP diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai BHP (*Break Horse Power*). Perhitungan BHP dapat dilakukan dengan formula sebagai berikut:

$$BHP = DHP + x \% DHP$$

Dimana:

$x\%$ = koreksi daerah pelayaran (15% - 20%)

= 15%

Maka,

$$\text{BHP} = 249,6314 \times 15\% \times 249,6314$$

$$\text{BHP} = 287,076 \text{ kW}$$

$$\text{BHP} = 390,31 \text{ HP} \quad ; 1 \text{ HP} = 0,7355 \text{ kW}$$

V.5.2. Pemilihan Mesin Induk

Setelah didapatkan nilai BHP, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan mesin induk sebagai penggerak utama kapal. Mesin induk yang dipakai pada trimaran tenaga surya ini adalah mesin listrik outboard. Pertimbangan mengapa memilih mesin outboard adalah mudahnya instalasi dan ukuran mesin yang relative kecil sehingga tidak memakan tempat terlalu banyak.

Pemilihan mesin induk dilakukan dengan mempertimbangkan berat mesin, daya voltase, serta harga mesin tersebut. Dari katalog yang sudah ada didapatkan mesin kapal beserta spesifikasinya. Mesin kapal tersebut seperti terlihat dalam Tabel V.14 dibawah ini.

Tabel V. 14. Data mesin utama yang digunakan

Technical Data	D3-170 I	D3-200 I	D3-220 I
Engine designation	125 (170)	147 (200)	162 (220)
Crankshaft power, kW (hp)	121 (165)	143 (194)	157 (213)
Propeller shaft power, kW (hp)	4000	4000	4000
Engine speed, rpm	2.4 (146)	2.4 (146)	2.4 (146)
Displacement, l (in ³)	5	5	5
Number of cylinders	81/93.2 (3.19/3.67)	81/93.2 (3.19/3.67)	81/93.2 (3.19/3.67)
Bore/stroke, mm (in.)	16.5:1	16.5:1	16.5:1
Compression ratio	301 (664)	301 (664)	301 (664)
Dry weight with HS45AE, kg (lb)	335 (739)	335 (739)	335 (739)
Dry weight with HS63IVE, kg (lb)			

V.6. Perhitungan Tebal Pelat Kapal

Perhitungan tebal pelat kapal dilakukan dengan mengacu pada besarnya beban pada lambung kapal. Makin besar beban pada lambung kapal makin tebal pula pelat yang harus digunakan. Perhitungan tebal pelat kapal selengkapanya dapat dilihat pada bagian lampiran.

Perhitungan pelat diawali dengan perhitungan tebal pelat minimal dan tebal pelat maksimal, dengan formula sebagai berikut:

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01 \cdot L) \cdot (L \cdot k)^{0.5}$$

(BKI Vol II, Section 6-Shell Plating, B 3.1)

Persamaan diatas adalah persamaan untuk kapal dengan $L < 50$ m.

Dimana : k = material factor

$$= 1$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } t_{\min} &= (1,5 - 0,01 \times 16,51) \times (16,51 \times 1)^{0.5} \\ &= 5,424 \text{ mm} = 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Dan, } t_{\max} = 16 \text{ mm}$$

V.6.1.Perhitungan Tebal Pelat Lambung

Pelat lambung kapal dihitung berdasarkan beban yang terjadi pada lambung kapal. Beban tersebut antara lain beban sisi, dan beban alas. Ketiga beban tersebut jika dibandingkan besar nilainya dan diambil yang terbesar untuk memudahkan perhitungan dan menyeragamkan tebal pelat lambung. Hal ini dikarenakan formula untuk menghitung tebal pelat sisi dan pelat alas hampir sama dan yang membedakan hanya input beban saja.

$$P_s = 13,412 \text{ kN/m}^2$$

$$P_b = 14,460 \text{ kN/m}^2$$

Maka yang diambil untuk perhitungan tebal pelat lambung adalah pada beban alas kapal (P_b).

Formula untuk menghitung tebal pelat sisi:

$$t_{s1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_s \cdot k)^{0.5} + t_K \quad (\text{mm})$$

(BKI Vol II, Section 6-Shell Plating, C 1.1)

Formula untuk menghitung tebal pelat alas:

$$t_{s1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_e \cdot k)^{0.5} - t_K \quad (\text{mm})$$

(BKI Vol II, Section 6-Shell Plating, B 1.1)

Dimana :

n_f : 1,0 untuk konstruksi melintang

A = Jarak gading

$$= 0,6$$

K = factor tambahan

$$= 1$$

t_K = factor tambahan korosi

Dari perhitungan didapatkan hasil dibawah ini:

a. Tebal pelat alas

$$\text{Untuk daerah A : } t_{B1} = 5,835 \text{ mm}$$

$$\text{Untuk daerah M : } t_{B1} = 5,276 \text{ mm}$$

Untuk daerah F : $t_{B1} = 5,782 \text{ mm}$

Sehingga tebal pelat alas dapat dibulatkan menjadi 6 mm.

b. Tebal pelat sisi

Untuk daerah A : $t_{S1} = 5,675 \text{ mm}$

Untuk daerah M : $t_{S1} = 4,774 \text{ mm}$

Untuk daerah F : $t_{S1} = 5,594 \text{ mm}$

Sehingga tebal pelat alas dapat dibulatkan menjadi 6 mm.

Maka dari perhitungan tebal pelat lambung yang sudah dilakukan, diambil tebal pelat lambung yang dipakai adalah pelat baja dengan tebal 6 mm.

V.6.2. Perhitungan Tebal pelat geladak

Perhitungan tebal pelat geladak dapat dilakukan dengan formula sebagai berikut:

$$t_{S1} = 1.21 \cdot a \cdot (P_D \cdot k)^{0.5} - t_K$$

(BKI Vol II section 7 – Decks, A 7.1)

Dengan tebal pelat geladak minimal dihitung dengan formula:

$$t_{\min} = (4.5 - 0.05 \cdot L) \cdot k^{0.5}$$

(BKI Vol II section 7 – Decks, A 6.1)

Dari persamaan dapat diketahui tebal pelat geladak yang minimal, yaitu:

$$t_{\min} = (4.5 - 0.05 \cdot 16,51) \cdot 1^{0.5}$$

$$t_{\min} = 3,6745 \text{ mm}$$

Serta dari persamaan didapatkan tebal pelat geladak tiap bagian kapal (A, M, dan F), yaitu:

Untuk daerah A : $t_{E1} = 2,437 \text{ mm}$

Untuk daerah M : $t_{E1} = 2,393 \text{ mm}$

Untuk daerah F : $t_{E1} = 2,499 \text{ mm}$

Sehingga tebal pelat alas dapat dibulatkan menjadi 3 mm. namun karena persyaratan tebal pelat geladak minimal adalah 5 mm, maka yang dipakai untuk pelat geladak adalah minimal 5mm, maka yang dipakai untuk pelat geladak adalah pelat baja dengan tebal 5 mm.

Tabel V. 15. Rekapitulasi hasil perhitungan tebal pelat

	A	M	F	Diambil	Unit
Pelat alas	6	6	6	6	mm
Pelat sisi	6	5	6	6	mm
Pelat geladak	5	5	5	5	mm

V.7.Perhitungan Berat Kapal

Berat kapal terdiri dari tiga komponen, yaitu komponen DWT (*dead Weight tonnage*) dan komponen LWT (*Light Weight tonnage*).

V.7.1. Perhitungan Berat DWT

Komponen berat kapal DWT dalam Tugas Akhir ini hanya terdiri dari berat penumpang dan barang bawaannya, serta berat crew kapal dan bawaannya. Hal ini dikarenakan kapal yang dirancang dalam Tugas Akhir ini tidak memiliki tangki bahan bakar, tangki air tawar, minyak pelumas, dan komponen lain yang termasuk dalam komponen DWT pada kapal konvensional.

Komponen berat DWT dihitung secara langsung. Dibawah ini akan dijelaskan mengenai perhitungan berat DWT secara lebih detail pada Table V.16.

Tabel V. 16. Perhitungan komponen berat DWT

Berat Kapal Bagian DWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Penumpang dan Barang Bawaan		
	Jumlah penumpang	50	persons
	Berat penumpang	75	kg/person
	Berat barang bawaan	5	kg/person
	Berat total penumpang	3750	kg
	Berat total barang bawaan penumpang	250	kg
	Berat total	4000	kg
		4.000	ton
2	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan		
	Jumlah crew kapal	4	persons
	Berat crew kapal	75	kg/persons
	Berat barang bawaan	5	kg/persons
	Berat total crew kapal	300	kg
	Berat total barang bawaan crew kapal	20	kg
	Berat total	320	kg
		0.320	ton
3	Berat bahan bakar untuk Generator Set	0.584	ton

Tabel V. 17. Rekapitulasi hasil perhitungan DWT

Total Berat Bagian DWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Value	Unit
1	Berat Penumpang dan Barang Bawaan	4.000	ton
2	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan	0.320	ton
3	Berat Bahan Bakar untuk Genset	0.584	ton
Total		4.904	ton

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa berat kapal DWT kapalkatamaran ini adalah 4,904 ton.

V.7.2. Perhitungan berat LWT

Berat LWT merupakan berat kapal kosong dan terdiri dari berat baja kapal, berat konstruksi lambung kapal, berat permesinan, dan peralatan yang digunakan. Dibawah ini akan dibahas mengenai perhitungan berat LWT. Berat LWT selengkapnya dapat dilihat pada tabel V.18 di bawah ini.

Tabel V. 18. Perhitungan komponen berat LWT

Berat Kapal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal		
	<i>Dari software Maxsurf Pro & Autocad, didapatkan luasan permukaan lambung kapal</i>		
	Luas dua lambung	82477830.88	mm ²
		82.478	m ²
	Luasan transom bagian belakang	7904792.012	mm ²
		7.905	m ²
	Luas tunnel	69291634.940	mm ²
		69.292	m ²
	Total luasan lambung kapal	159.674	m ²
	Tebal pelat lambung	6	mm
		0.005	m
	Volume shell plate = luas x tebal	0.798	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	6267.215	kg
		6.267	ton
2	Berat Geladak (deck) Kapal		
	<i>Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan geladak kapal</i>		

	Total luasan geladak kapal	94756325.575	mm ²
	Total luasan geladak kapal	94.756	m ²
	Tebal pelat geladak	5	mm
		0.005	m
	Volume shell plate = luas x tebal	0.474	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	3719.186	kg
		3.719	ton
3	Berat Konstruksi Lambung Kapal		
	<i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 20% - 25% dari berat baja lambung kapal (diambil 20%)</i>		
	Berat baja lambung + geladak kapal	9.986	ton
	20% dari berat baja kapal	1.997	ton
	Berat Konstruksi Total	1.997	ton
4	Berat Railing		
	<i>Panjang railing didapatkan dari pengukuran railing dari rancangan umum</i>		
	<i>material railing menggunakan pipa aluminium dengan tebal 2 mm</i>		
	Panjang Railing	114.000	m
	Diameter pipa	0.050	m
	Tebal pipa	2.000	mm
		0.002	m
	Luas permukaan railing	17.907	m ²
	Volume railing = luas x tebal	0.036	m ³
	<i>r</i> aluminium	2.7	gr/cm ³
		2700	kg/m ³
	Berat Total	96.698	kg
		0.097	ton
5	Berat Tiang Penyangga		
	<i>Tiang Penyangga dipasang di setiap jarak gading besar</i>		
	<i>material tiang menggunakan pipa aluminium dengan tebal 3 mm</i>		
	Tinggi Tiang	2.000	m
	Jumlah Tiang	10.000	
	Diameter Pipa	0.050	m
	Tebal pipa	0.003	m
	Luas permukaan tiang	3.142	m ²
	Volume Tiang	0.009	
	<i>r</i> aluminium	2700.000	kg/m ³

	Berat Total	25.447	kg
		0.025	ton
6	Equipment & Outfitting		
	Berat Kursi Penumpang	6.100	kg
	Jumlah kursi	50	
	Berat total kursi	305.000	kg
	Jangkar	100.000	kg
	Peralatan Navigasi	100.000	kg
	Berat Total	505.000	kg
		0.505	ton
7	Berat Atap Kapal		
	<i>Material atap menggunakan polycarbonate dengan tebal 2 mm</i>		
	<i>Luasan atap didapat dari pengukuran dengan software AutoCAD</i>		
	Luas atap kapal	78400000	mm ²
		78.400	m ²
	Tebal polycarbonate	2.000	mm
		0.002	m
	Volume atap = luas x tebal	0.157	m ³
	<i>r</i> polycarbonate	1.2	gr/cm ³
		1200	kg/m ³
	Berat Total	188.160	kg
		0.188	ton
8	Berat Kaca Polycarbonate		
	<i>Luasan kaca didapat dari pengukuran dengan software AutoCAD</i>		
	Luas kaca	78400000	mm ²
		78.400	m ²
	Tebal polycarbonate	3.000	mm
		0.003	m
	Volume kaca = luas x tebal	0.235	m ³
	<i>r</i> polycarbonate	1.2	gr/cm ³
		1200	kg/m ³
	Berat Total	282.240	kg
		0.282	ton
9	Genset		
	Berat	389.000	kg
	Jumlah	2.000	unit
	Berat Total	778.000	kg
		0.778	ton
10	Berat Inboard Motor		
	<i>Diambil dari katalog Volvo</i>		
	Jumlah Inboard motor	2	unit

	Berat Inboard motor	301.000	kg/unit
	Berat Total	602.000	kg
		0.602	ton

Tabel V. 19. Rekapitulasi hasil perhitungan LWT

Total Berat Bagian LWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal	6.267	ton
2	Berat Geladak (deck) Kapal	3.719	ton
3	Berat Konstruksi Lambung Kapal	1.997	ton
4	Berat Railing	0.097	ton
5	Tiang Penyangga	0.025	ton
6	Equipment & Outfitting	0.505	ton
7	Berat Atap Kapal	0.188	ton
8	Berat Kaca Polycarbonate	0.282	ton
9	Berat Electric Outboard Motor	0.602	ton
10	Generator Set (Genset)	0.778	ton
Total		14.461	ton

Tabel V. 20. Total berat DWT dan LWT

Total Berat Kapal (DWT + LWT)			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Berat Kapal Bagian DWT	4.904	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	14.461	ton
Total		19.365	ton

V.8.Perhitungan *Freeboard*

Untuk perhitungan *Freeboard*, semua formula yang diberikan mengacu pada "International Convention of Load Lines, 1966, Protocol of 1988 Consolidated Edition 2005". Hasil yang didapatkan adalah tinggi minimum *freeboard* yang diijinkan sehingga kapal bisa berlayar dengan rute pelayaran international.

Berikut ini adalah input awal yang diperlukan untuk menghitung *freeboard* berdasarkan Load Lines.

L = *Length*

= 96% Lwl pada 0,85 D, atau

= Lpp pada 0,85 D, diambil yang terbesar dari tiga nilai tersebut

= 8,16 m

B = Lebar maksimum pada kapal, diukur di *midship* pada garis *moulded frame* untuk kapal dengan kulit logam

= 2,5 m

D = *Depth for freeboard*

= *Moulded depth amidship* plus:

1. Tebal pelat *stringer freeboard deck* jika dipasang
2. $T(L-S) / L$ jika *exposed freeboard deck* dibuka

Dimana:

T = Tebal dari *exposed sheathing clear of the deck* yang sedang terbuka

S = Panjang total bangunan Atas

= 1,075 m

Cb = Block Coefficient

= $v / L \cdot B \cdot d1$

= 0,1582

d1 = 85% x D

= 2,125 m

Berdasarkan load lines batasan *freeboard* adalah *actual freeboard* \geq *minimum freeboard* dimana:

- *Actual freeboard* merupakan tinggi freeboard yang sebenarnya (H-T)
- Sedangkan *freeboard* minimum adalah hasil perhitungan menurut ILLC 1966 beserta koreksinya.

Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan:

Actual Freeboard = H – T

= 2,5 – 0,832

= 1,668

Tabel V. 21. *Freeboard* hasil dari perhitungan

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang Syaratkan	0.41	m
Lambung Timbul Sebenarnya	1.668	m
Kondisi	Diterima	

Karena *actual freeboard* lebih besar sama dengan dari *minimum freeboard*, maka *freeboard* kapal yang direncanakan memenuhi persyaratan ILLC.

V.9.Perhitungan Trim

Perhitungan trim dilakukan menggunakan metode dari Parametric Design, Chapter 11 karangan Michael G. Parsons. Dalam metode tersebut, untuk melakukan pemeriksaan syarat dan trim kapal diperlukan beberapa input sebagai berikut:

$$L = 17,02 \text{ m}$$

$$B = 9,92 \text{ m}$$

$$B1 = 1,705 \text{ m}$$

$$T = 0,832 \text{ m}$$

$$H = 2,5 \text{ m}$$

Titik berat kapal (KG dan LCG)

$$KG = 0,941 \text{ m}$$

$$LCG = -1,404 \text{ m}$$

Titik berat gaya tekan keatas (KB dan LCB)

$$LCB = 3,265 \text{ m}$$

$$KB/T = 0,561$$

$$KB = 0,337 \text{ m}$$

Jari – jari metacentre melintang kapal (BMT)

$$BM_T = IT / V$$

Dimana IT = Momen inersia melintang kapal

$$= C_{IL} \times B^3 \times T$$

$$C_{IT} = 0,043$$

$$I_T = 5,721$$

Jadi jari-jari meta centre melintang kapal adalah :

$$BM_T = 1,342 \text{ m}$$

Jari – jari metacentre memanjang kapal (BML)

$$BML = I_L / V$$

Dimana :

I_L = Momen inersia memanjang kapal

$$= C_{IL} \times B^3 \times L$$

$$C_{IL} = 0,033$$

$$I_L = 51,119$$

Jadi jari-jari meta centre memanjang kapal adalah :

$$BMT = 1,988 \text{ m}$$

Tinggi metacentre kapal (GML)

$$GM_L = KB + BML - KG$$

$$GM_L = 11,383 \text{ m}$$

Selisih LCG dan LCB

$$LCB - LCG = 0,005$$

$$\text{Trim} = (LCB - LCG) \times (L/GML)$$

$$= 0,004 \text{ m}$$

Pengecekan kondisi dan criteria trim

$$\text{Kondisi} = \text{Trim Buritan}$$

$$\text{Minimal} = 0,1\% \times Lwl$$


$$= 0,009 \text{ m}$$

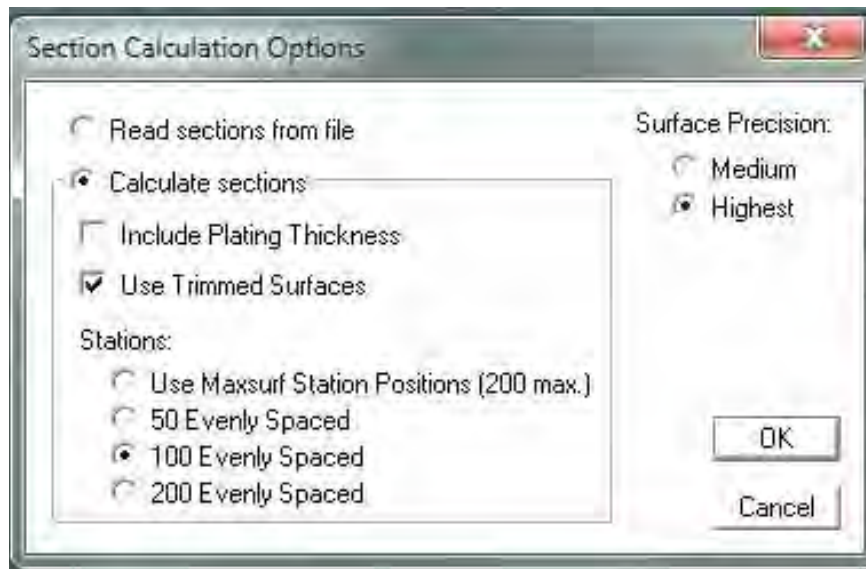
Adapun batasan trim adalah didasarkan pada selisih harga mutlak antara LCB dan LCG dengan batasan lebih kecil sama dengan dari $0,1\% \times Lwl$. Dari perhitungan diatas didapatkan nilai trim tidak melebihi syarat maksimal, maka trim memenuhi.

V.10. Perhitungan Stabilitas

V.10.1. Langkah Perhitungan Stabilitas Dengan Menggunakan *Hydromax*


Langkah-langkah pemeriksaan stabilitas menggunakan *software Hydromax Profesional* adalah sebagai berikut :

1. Buka *software Hydromax Profesional*, klik *file-open* atau klik ikon  dan buka file hasil pemodelan lambung kapal wisata katamaran. Pada kotak dialog *Section Calculation Options* pilih *Calculate new sections (ignore existing data, if any)*, karena analisis pada file ini belum pernah dilakukan sebelumnya. Pada pilihan stasion pilih *100 evenly spaced* dan pilih *highest* pada jenis *surface precision*.

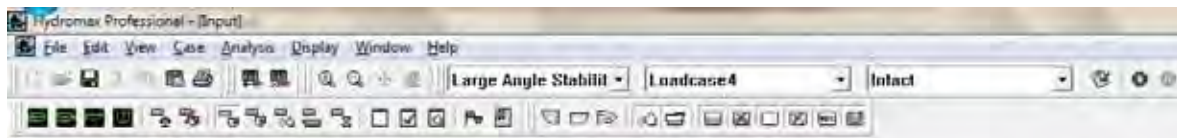


Gambar V. 8. Kotak dialog section calculation options

2. Perencanaan Letak Tangki-tangki *Consumable*

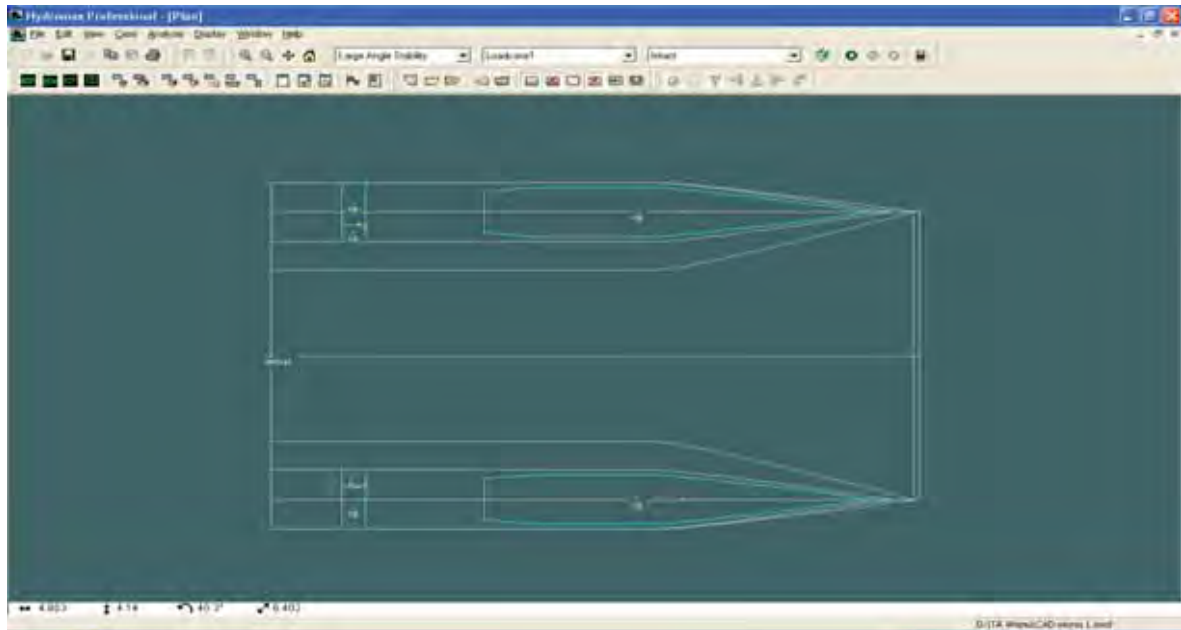
Tangki-tangki *consumable* meliputi tangki air tawar, tangki bahan bakar, tangki pelumas, tangki *after peak*, dan tangki *forepeak*. Penambahan tangki dilakukan dengan cara klik menu *window-input* dan pilih *compartement definition* atau klik ikon . Peletakan tangki-tangki *consumable* sesuai dengan posisi pada *general arrangement*.

Tabel V. 22. Posisi peletakan tangki-tangki consumable



	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Relative Density	Fluid Type	Boundary Surfaces	AM (m)	Fore (m)	F Port (m)	F Starb. (m)	F Top (m)	F Bott. (m)
1	Lube Oil	Tank	100	95	0.92	Lube Oil	none	1.0	2.4	-3.255	3.755	2.400	0.569
2	Lube Oil	Tank	100	95	0.92	Lube Oil	none	1.8	2.4	-3.755	-3.755	2.400	0.569
3	Fuel Oil	Tank	100	95	0.9443	Fuel Oil	none	1.8	2.4	-4.90	-3.755	2.400	0.569
4	Fuel Oil	Tank	100	95	0.9443	Fuel Oil	none	1.0	2.4	3.755	4.90	2.400	0.569
5	Fresh Water	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	5.4	15.224	3.255	4.90	0.3	0
6	Fresh Water	Tank	100	95	1	Fresh Water	none	5.4	15.224	-4.90	-3.255	0.3	0

Pada Gambar V. 9 dapat dilihat posisi tangki-tangki air tawar, bahan bakar, pelumas, dan sebagainya. Pada bagian tengah kapal juga terdapat tangki, namun tidak digunakan sebagai tangki muatan, melainkan dibuat kedap dan kosong sebagai penambah daya apung kapal atau disebut *void*, jadi posisi tangki diabaikan.



Gambar V. 9. Peletakan tangki-tangki consumable tampak atas pada Maxsurf Hydromax

3. Penentuan Massa Jenis Muatan

Pada *software maxsurf hydromax professional* terdapat analisis massa jenis (*density*) muatan yang dapat dilihat pada menu *analysis – density*. Tampilan kotak dialog *density* dapat dilihat pada Gambar V.10.

Density						
	Fluid	Code	Relative Density	Density tonne/m ³	Density bbls/t	API Gravity
1	Sea Water	S	1.0252	1.0252	6.1352	
2	Water Ballast	B	1.0252	1.0252	6.1352	
3	Fresh Water	W	1.0000	1.0000	6.2898	
4	Diesel	D	0.8400	0.8400	7.4879	36.95
5	Fuel Oil	F	0.9443	0.9443	6.6608	18.35
6	Lube Oil	L	0.9200	0.9200	6.8368	22.30
7	ANS Crude	C	0.8883	0.8883	7.0807	27.79
8	Gasoline leaded	G	0.7499	0.7499	8.3875	57.19
9	Unlead. Gas.	U	0.7499	0.7499	8.3875	57.19
10	JFA	J	0.8203	0.8203	7.6677	41.00
11	MTBE	M	0.7471	0.7471	8.4190	57.90
12	Gasoil	GO	0.8524	0.8524	7.3789	34.50
13	Slops	SL	0.9130	0.9130	6.8892	23.48
14	Penumpang	GC	0.1680	0.1680	37.4393	710.76
15	Mobil	C2	0.3170	0.3170	19.8417	314.87
16	Truk	C3	0.9400	0.9400	6.6913	19.03
17	Hull	C4	0.1137	0.1137	55.3364	1113.39
18	Cargo	C5	0.7557	0.7557	8.3233	55.75

Default Densities




Cancel OK

Gambar V. 10. Analisis density pada Maxsurf Hydromax

4. Tank Calibration

Setelah perencanaan tangki dan penentuan massa jenis tangki selanjutnya dilakukan analisis kapasitas dan titik berat tangki dengan cara analisis kalibrasi tangki (*tank calibration*). Kalibrasi tangki dilakukan dengan langkah klik menu *Analysis – Set Analysis Type*, pilih *Tank Calibration*, dan *Start Tank Calibration*.

5. Perencanaan Kondisi Pemuatan (*Loadcase*)

Kondisi pemuatan pada *maxsurf hydromax* dilakukan dengan langkah klik menu *window – loadcase* atau klik ikon . Untuk membuat loadcase lebih dari satu bisa ditambahkan dengan klik menu *file – new loadcase* atau klik ikon . Karena sebelumnya sudah dilakukan *tank calibration*, maka tangki-tangki yang telah direncanakan secara otomatis akan masuk pada data *loadcase*. Sedangkan untuk berat dan titik berat *lightship* dan muatan yang terdiri dari penumpang ditambahkan secara manual dengan cara klik ikon . Berat dan titik berat muatan dimasukkan berdasarkan hasil penyebaran berat pada perhitungan dan pemeriksaan berat dan titik berat kapal. Data kondisi *loadcase* 1 dapat dilihat pada Tabel V.23. Sedangkan untuk data *loadcase* selengkapnya dapat dilihat di lampiran.

Tabel V. 23. Data Kondisi Pemuatan (*Loadcase*) 1

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	14,461	14,461			12,413	0,000	0,000	0,000	User Specifi
2	DWT	1	4,904	4,904			0,000	0,000	0,000	0,000	User Specifi
3	Lube Oil	50%	0,488	0,244	0,530	0,265	2,105	3,522	1,154	0,006	Maximum
4	Lube Oil	50%	0,488	0,244	0,530	0,265	2,105	-3,522	1,154	0,006	Maximum
5	Fuel Oil	50%	1,264	0,632	1,339	0,669	2,104	-4,328	1,092	0,083	Maximum
6	Fuel Oil	50%	1,264	0,632	1,339	0,669	2,104	4,328	1,092	0,083	Maximum
7	Fresh Water	50%	4,397	2,198	4,397	2,198	10,454	4,108	0,206	2,017	Maximum
8	Fresh Water	50%	4,397	2,198	4,397	2,198	10,454	-4,108	0,206	2,017	Maximum
9	Total Loadca			25,514	12,531	6,265	8,982	0,000	0,112	4,212	
10	FS correction								0,165		
11	VCG fluid								0,277		


6. Penambahan *Downflooding Point*

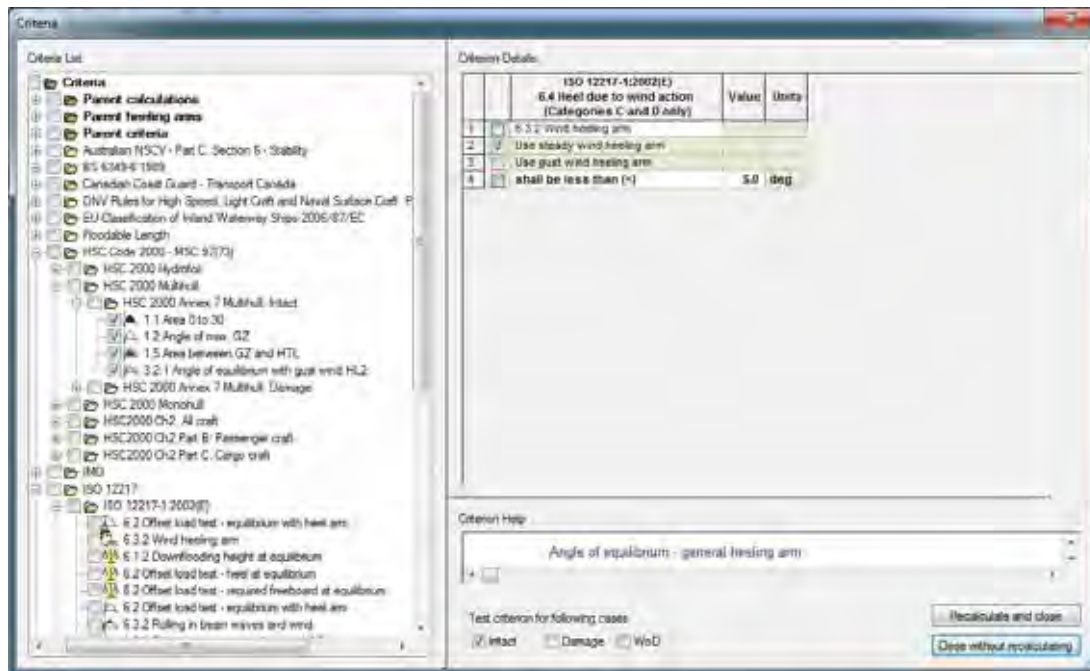
Penambahan *downflooding point* ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *downflooding angle* (θ_f), yaitu sudut kemiringan bukaan pada lambung, bangunan atas atau rumah geladak yang tidak bisa ditutup dengan penutup kedap air. Bukaan yang dimaksud disini adalah pipa udara (*air pipe*) yang dipasang diatas tangki. Oleh karena itu *downflooding point* diletakkan sesuai dengan letak pipa udara pada general arrangement. *Downflooding angle* (θ_f) sangat berpengaruh pada analisis stabilitas. (ISCode Reg. III/3.1.2).

V.10.2. Pemeriksaan Kondisi Stabilitas


Stabilitas merupakan salah satu kriteria yang harus dipenuhi pada proses desain kapal. Analisis stabilitas digunakan untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang atau oleng pada beberapa kriteria kondisi pemuatan (*Loadcase*). Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas untuk kapal jenis umum dan kapal penumpang yang mengacu pada *Intact Stability (IS) Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11 section 3.7*. Kriteria tersebut antara lain sebagai berikut :

- a. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (*GZ curve*) antara sudut $0^{\circ} - 30^{\circ}$ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad atau 3.151 m.deg.
- b. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (*GZ curve*) antara sudut $0^{\circ} - 40^{\circ}$ tidak boleh kurang dari 0.090 m.rad atau 5.157 m.deg.
- c. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (*GZ curve*) antara sudut $30^{\circ} - 40^{\circ}$ atau antara sudut *downflooding* (θ_f) dan 30° jika nilai GZ maksimum tidak mencapai 40° , tidak boleh kurang dari 0.030 m.rad atau 1.719 m.deg.
- d. Lengan pengembali GZ pada sudut oleh sama dengan atau lebih dari 30° minimal 0.200m.
- e. Lengan pengembali maksimum terjadi pada kondisi oleng sebaiknya mencapai 30° atau lebih, tetapi tidak kurang dari 15° .
- f. Tinggi titik metacenter awal (G_{Mo}) tidak boleh kurang dari 0.15m.
- g. Untuk kapal penumpang, sudut oleng pada perhitungan kondisi penumpang berkelompok pada satu sisi kapal tidak boleh lebih dari 10° . Berat standar setiap penumpang adalah 75 kg, atau boleh kurang tetapi tidak boleh kurang dari 60 kg.
- h. Untuk kapal penumpang, sudut oleng pada perhitungan kondisi kapal berbelok (*turning*) tidak boleh lebih dari 10° .

Pada *maxsurf hydromax* analisis kriteria stabilitas dapat diatur melalui menu *analysis - criteria*. Klik menu *analysis*, pilih submenu *criteria* atau klik ikon . Pada kotak dialog *criteria* terdapat banyak pilihan kriteria untuk analisis stabilitas. Agar mempermudah dalam melakukan analisis maka dibuat folder baru khusus untuk perhitungan kapal ini. Pada folder tersebut berisikan kriteria-kriteria yang mengacu pada *Intact Stability (IS) Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11 section 3.7* seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar V. 11. Kotak dialog criteria

Setelah dilakukan pengaturan kriteria stabilitas, hasil analisis stabilitas dapat langsung dilakukan dengan *carastart analysis*. Klik menu *analysis*, pilih submenu *Analysis Type*, pilih *Large Angle Stability*, dan klik *start analysis* atau klik ikon . Analisis dilakukan pada setiap kondisi pemuatan (*loadcase*) yang telah direncanakan sebelumnya. Setelah dilakukan *start analysis* pada setiap kondisi *loadcase*. Berikut hasil dari tiap *loadcase* :

Kondisi muatan *consummable* 100%

1. Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055$ m.rad

A30 min	= 0.055	meter.rad
A30 sebenarnya	= 1.4271	meter.rad
Kondisi	= Accepted	
2. Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09$ m.rad

A40min	= 0.090	meter.rad
A40 sebenarnya	= 1.9802	meter.rad
Kondisi	= Accepted	
3. Daerah dibawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.03 m.rad

A30-40 min	= 0.03	meter.rad
------------	--------	-----------

- | | | |
|-------------------|------------|-------|
| A30-40 sebenarnya | = 0.5531 | meter |
| Kondisi | = Accepted | |
4. GZ tidak boleh kurang dari 0.2 meter pada sudut 30 derajat
- | | | |
|-------------------|------------|-------|
| GZ 30° min | = 0.200 | meter |
| GZ 30° sebenarnya | = 3.337 | meter |
| Kondisi | = Accepted | |
5. Lengan penegak maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat
- | | | |
|-----------------------|------------|---------|
| GZ _{max} min | = 15 | derajat |
| GZ _{max} | = 20.9 | derajat |
| Kondisi | = Accepted | |
6. Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.350 meter
- | | | |
|---------|------------|-------|
| GM min | = 0.350 | meter |
| GM | = 18.413 | meter |
| Kondisi | = Accepted | |
7. Kapal penumpang crowding arm tidak boleh lebih dari 10°
- | | | |
|------------------|------------|---------|
| Crowding arm max | = 10.00 | derajat |
| Crowding arm | = 3.5 | derajat |
| Kondisi | = Accepted | |

Kondisi muatan *consummable* 75%

1. Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut 30° \geq 0.055 m.rad
- | | | |
|----------------|------------|-----------|
| A30 min | = 0.055 | meter.rad |
| A30 sebenarnya | = 1.4938 | meter.rad |
| Kondisi | = Accepted | |
2. Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut 40° \geq 0.09 m.rad
- | | | |
|----------------|------------|-----------|
| A40min | = 0.090 | meter.rad |
| A40 sebenarnya | = 2.0591 | meter.rad |
| Kondisi | = Accepted | |
3. Daerah dibawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.03 m.rad
- | | | |
|------------|--------|-----------|
| A30-40 min | = 0.03 | meter.rad |
|------------|--------|-----------|

- A30-40 sebenarnya = 0.5652 meter
Kondisi = Accepted
4. GZ tidak boleh kurang dari 0.2 meter pada sudut 30 derajat
GZ 30° min = 0.200 meter
GZ 30° sebenarnya = 3.414 meter
Kondisi = Accepted
5. Lengan penegak maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat
GZ_{max} min = 15 derajat
GZ_{max} = 20.0 derajat
Kondisi = Accepted
6. Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.350 meter
GM min = 0.350 meter
GM = 19.844 meter
Kondisi = Accepted
7. Kapal penumpang crowding arm tidak boleh lebih dari 10°
Crowding arm max = 10.00 derajat
Crowding arm = 3.4 derajat
Kondisi = Accepted

Kondisi muatan *consummable* 50%

1. Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut 30° ≥ 0.055 m.rad
A30 min = 0.055 meter.rad
A30 sebenarnya = 1.5586 meter.rad
Kondisi = Accepted
2. Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut 40° ≥ 0.09 m.rad
A40min = 0.090 meter.rad
A40 sebenarnya = 2.1302 meter.rad
Kondisi = Accepted
3. Daerah dibawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.03 m.rad
A30-40 min = 0.03 meter.rad

- | | | |
|-------------------|------------|-------|
| A30-40 sebenarnya | = 0.5716 | meter |
| Kondisi | = Accepted | |
4. GZ tidak boleh kurang dari 0.2 meter pada sudut 30 derajat
- | | | |
|-------------------|------------|-------|
| GZ 30° min | = 0.200 | meter |
| GZ 30° sebenarnya | = 3.456 | meter |
| Kondisi | = Accepted | |
5. Lengan penegak maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat
- | | | |
|-----------------------|------------|---------|
| GZ _{max} min | = 15 | derajat |
| GZ _{max} | = 17.3 | derajat |
| Kondisi | = Accepted | |
6. Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.350 meter
- | | | |
|---------|------------|-------|
| GM min | = 0.350 | meter |
| GM | = 21.318 | meter |
| Kondisi | = Accepted | |
7. Kapal penumpang crowding arm tidak boleh lebih dari 10°
- | | | |
|------------------|------------|---------|
| Crowding arm max | = 10.00 | derajat |
| Crowding arm | = 3.4 | derajat |
| Kondisi | = Accepted | |

Kondisi muatan *consummable* 10%

1. Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut 30° \geq 0.055 m.rad
- | | | |
|----------------|------------|-----------|
| A30 min | = 0.055 | meter.rad |
| A30 sebenarnya | = 1.4586 | meter.rad |
| Kondisi | = Accepted | |
2. Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut 40° \geq 0.09 m.rad
- | | | |
|----------------|------------|-----------|
| A40min | = 0.090 | meter.rad |
| A40 sebenarnya | = 2.0302 | meter.rad |
| Kondisi | = Accepted | |
3. Daerah dibawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.03 m.rad
- | | | |
|------------|--------|-----------|
| A30-40 min | = 0.03 | meter.rad |
|------------|--------|-----------|

- | | | |
|-------------------|------------|-------|
| A30-40 sebenarnya | = 0.5814 | meter |
| Kondisi | = Accepted | |
4. GZ tidak boleh kurang dari 0.2 meter pada sudut 30 derajat
- | | | |
|-------------------|------------|-------|
| GZ 30° min | = 0.200 | meter |
| GZ 30° sebenarnya | = 4.028 | meter |
| Kondisi | = Accepted | |
5. Lengan penegak maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat
- | | | |
|-----------------------|------------|---------|
| GZ _{max} min | = 15 | derajat |
| GZ _{max} | = 17.3 | derajat |
| Kondisi | = Accepted | |
6. Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.350 meter
- | | | |
|---------|------------|-------|
| GM min | = 0.350 | meter |
| GM | = 23.858 | meter |
| Kondisi | = Accepted | |
7. Kapal penumpang crowding arm tidak boleh lebih dari 10°
- | | | |
|------------------|------------|---------|
| Crowding arm max | = 10.00 | derajat |
| Crowding arm | = 3.2 | derajat |
| Kondisi | = Accepted | |

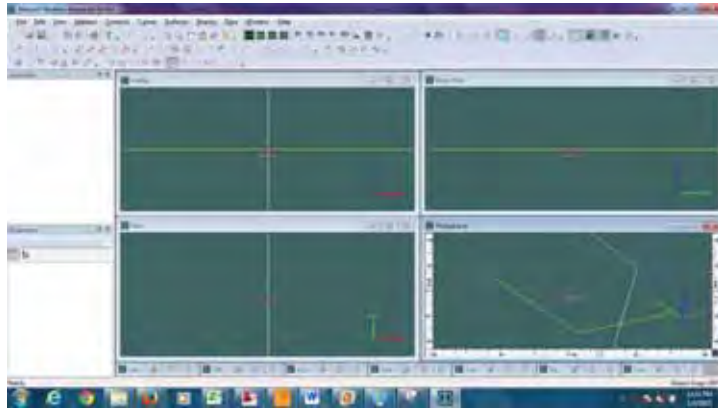
V.11. Pembuatan Rencana Garis

Setelah semua perhitungan selesai, langkah selanjutnya adalah pembuatan Rencana Garis atau *Lines Plan*. *Lines Plan* ini merupakan gambar pandangan atau gambar proyeksi badan kapal yang dipotong secara melintang (*body plan*), secara memanjang (*sheer plan*), dan vertikal memanjang (*half breadth plan*). *Lines Plan* berguna untuk mendapatkan desain kapal yang optimum, terutama desain ruang muat.

Ada banyak cara membuat *Lines Plan*. Pada Tugas Akhir ini menggunakan metode literasi *sample design* pada *software Maxsurf*. Langkah awal dalam membuat *Lines Plan* adalah mencari data kapal terdahulu (*parent ship*). Kemudian kapal tersebut karakteristiknya disesuaikan dengan kapal yang direncanakan. Setelah itu dilakukan penyempurnaan menggunakan *software AutoCAD*. Dalam menggambar *half breadth plan* dan *sheer plan* juga dibantu oleh kedua *software* tersebut.

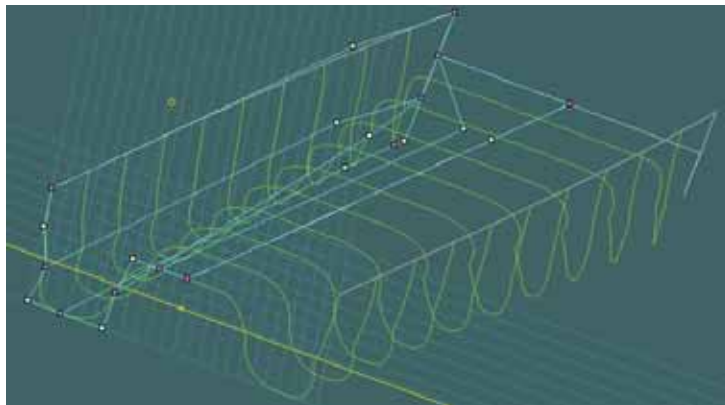
Langkah - langkah pengerjaan Rencana Garis kapal adalah sebagai berikut :

1. Membuka jendela awal *software maxsurf*



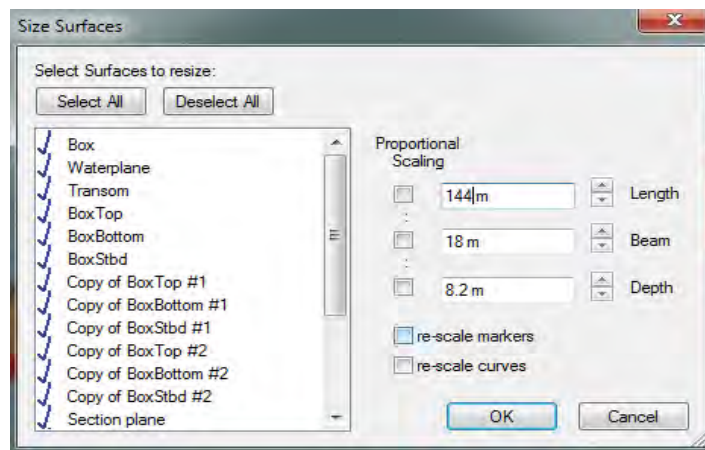
Gambar V. 12. Jendela Awal *Maxsurf*

2. Menginput Parent Ship sesuai dengan jenis kapal yang akan dibuat



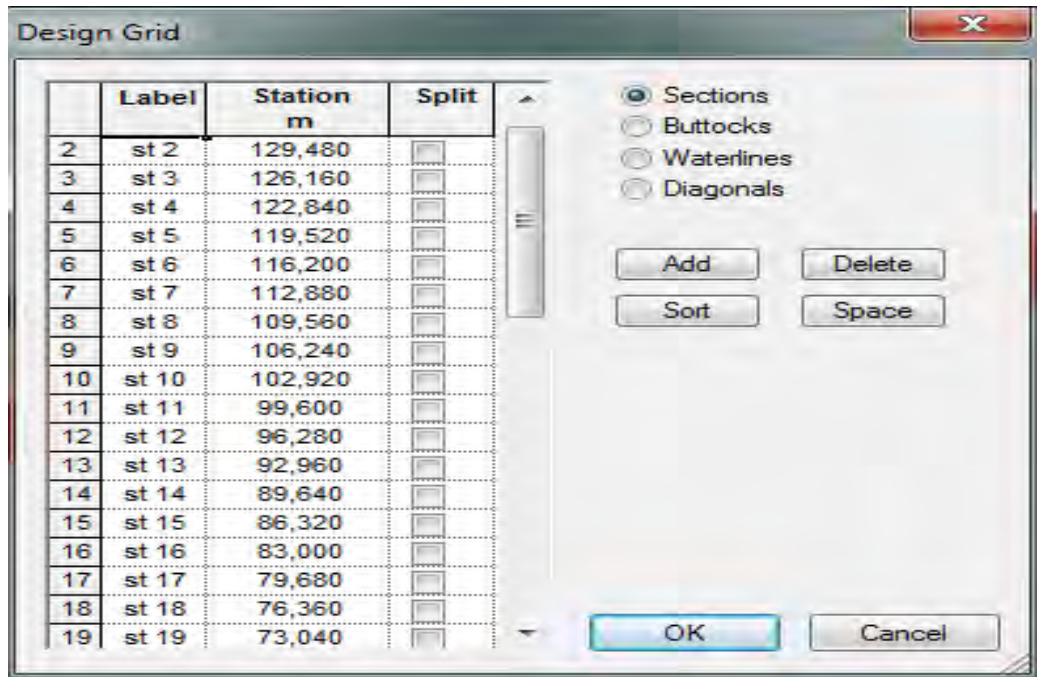
Gambar V. 13. *Parent* kapal wisata katamaran

3. Menentukan ukuran utama kapal pada *size surface*



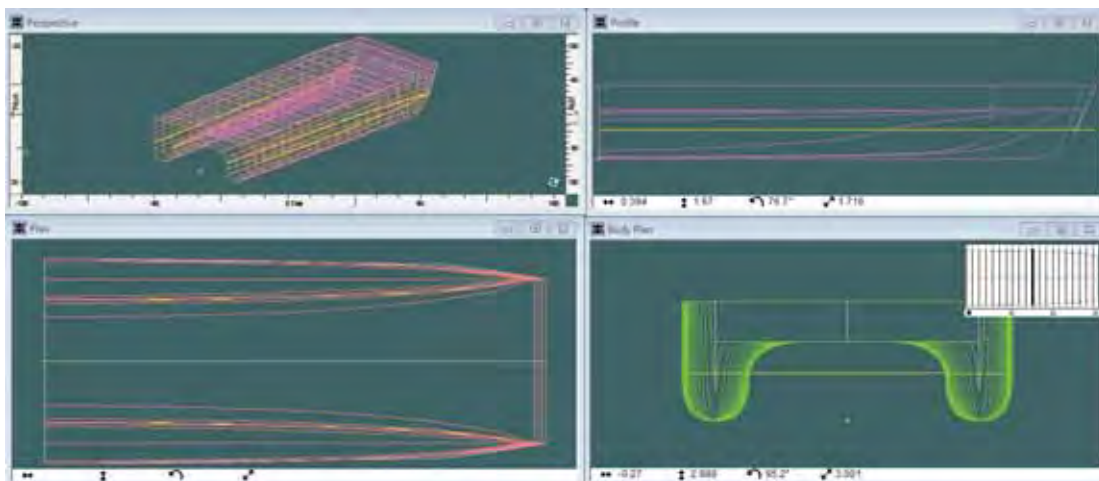
Gambar V. 14. Menentukan Ukuran Utama Kapal Pada *Size Surface*

4. Membagi *stations*, *buttock lines* dan *water lines* pada *design grid*



Gambar V. 15. Mengatur *Stations*, *Buttock Lines* Dan *Waterlines*

5. Meng-*exportLines Plan* yang telah dibuat pada *AutoCAD*



Gambar V. 16. *Lines Plan* kapal wisata katamaran sebelum di *Export*

Setelah bentuk *Lines Plan* sesuai dengan yang diinginkan, pembuatan Rencana Garis mendekati tahap akhir. Model dapat langsung di-*export* ke format dxf untuk diperhalus dengan *software AutoCAD*. Untuk menyimpan Rencana Garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik *file>export> DXF and IGES*, atur skala 1:1, kemudian klikok dan *save file* baru tersebut.

Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *half-breadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu file.dwg yang merupakan *output* dari *software AutoCAD*. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada Rencana Garis yang telah didapat dan dapat dilihat pada Gambar V.17.

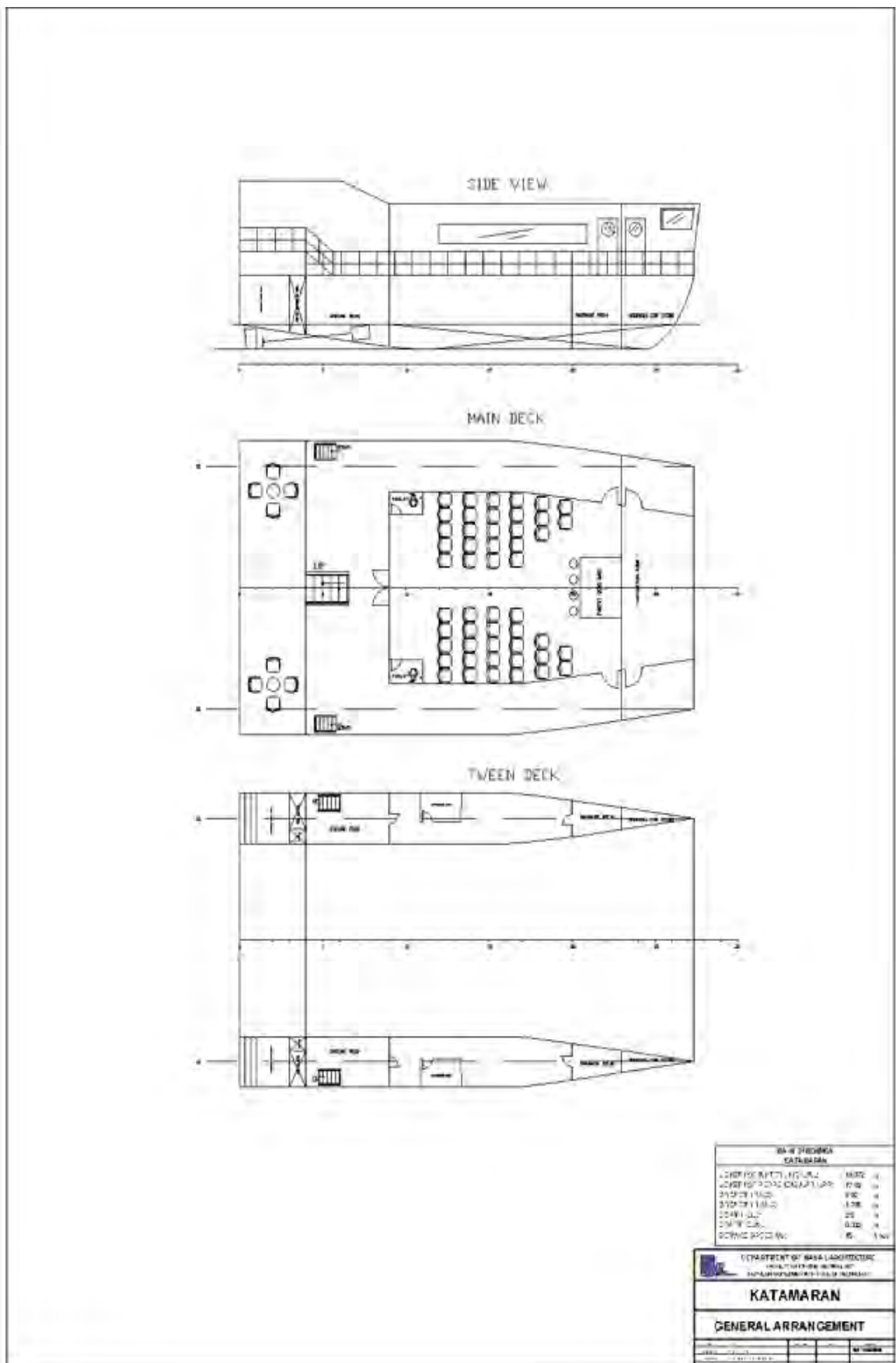
V.12. Pembuatan Rencana Umum

Dari gambar *Lines Plan* yang sudah di buat, maka dapat dibuat pula gambar *General Arrangement* dari *public catamaran boat*. *General Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *General Arrangement* dilakukan dengan bantuan *software AutoCAD 2007*.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan *General Arrangement* katamaran ini adalah penataan geladak utama yang baik agar memberikan ruang yang leluasa untuk penumpang. Kemudian hal yang harus dipertimbangkan juga adalah desain kapal secara keseluruhan. Hal ini berfungsi sebagai daya tarik untuk penumpang. Semakin menarik desain kapal wisata maka semakin banyak pula penumpang yang akan menggunakannya. Peletakan peralatan juga harus diperhatikan agar sesuai dengan perhitungan titik berat kapal. Hal ini berfungsi agar perhitungan teknis dengan gambar kapal tidak rancu.

Langkah pertama yang dilakukan untuk pembuatan *General Arrangement* katamaran adalah membuat sket peletakan peralatan yang terdapat pada *main deck*. Peralatan yang terdapat pada *main deck* terdiri dari kursi dan mejapenumpang, ruang ruang kemudi, *bar*, serta toilet. Pembuatan sket dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kenyamanan penumpang. Peletakan kursi dan meja harus diatur sedemikian rupa sehingga masih tetap memberikan ruang gerak yang luas untuk penumpang.

Kemudian setelah sket *main deck* selesai dibuat, langkah berikutnya adalah dengan menyempurnakan gambar tampak atas (*top view*) *General Arrangement* pada *main deck*. Dari gambar *top view* kemudian dibuat gambar *side view* dan *front view* kapal. Gambar *General Arrangement* katamaran dapat dilihat pada Gambar V.18.



Gambar V. 18. Gambar *General Arrangement* kapal katamaran

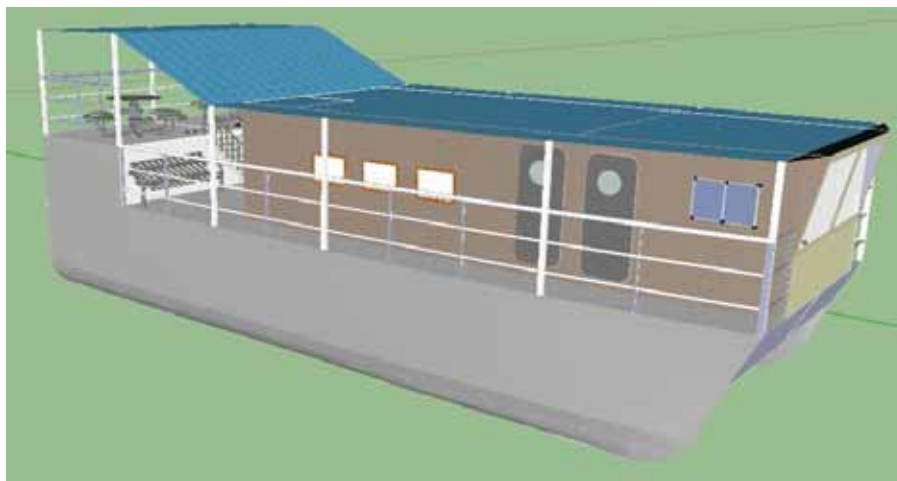
V.13. Gambar 3 Dimensi

Proses pembuatan gambar tiga dimensi dari kapal katamaran dilakukan dengan bantuan *Google Sketchup*. Pembuatan bentuk *hull* kapal mengacu pada ukuran utama dan *lines plan* yang sudah didapatkan. Untuk pembuatan bagian rumah geladak dilakukan dengan acuan *General Arrangement* yang sudah dibuat.

Tampilan 3D dari katamaran ini dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini. Gambar V.19 menunjukkan perencanaan tempat duduk kapal katamaran meliputi tempat duduk *indoor* dan *outdoor*. Selain itu, juga ditunjukkan posisi toilet, *bar*, serta *navigational room* beserta perlengkapannya. Gambar V.20 menunjukkan tampilan kapal katamaran dari samping.



Gambar V. 19. 3D *Seating Arrangement* kapal wisata katamaran



Gambar V. 20. *Side View* kapal wisata katamaran

BAB VI

ANALISIS EKONOMIS DAN PEMBAHASAN

VI.1. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal

Biaya pembangunan kapal terdiri dari beberapa komponen, yaitu biaya baja kapal, biaya peralatan yang digunakan, biaya motor kapal, dan sebagainya. Pada Tabel VI.1 dibawah ini akan dijelaskan mengenai perhitungan biaya pembangunan kapal.

Tabel VI. 1. Perhitungan harga baja kapal

No	Item	Value	Unit
1	Lambung Kapal (hull)		
	<i>(tebal pelat lambung = 6 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2015 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)</i>		
	Harga	492.00	USD/ton
	Berat hull	6.27	ton
	Harga Lambung Kapal (hull)	3083.47	USD
2	Geladak Kapal (deck)		
	<i>(tebal pelat geladak = 5 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2015 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)</i>		
	Harga	492.00	USD/ton
	Berat geladak	3.72	ton
	Harga Lambung Kapal (deck)	1829.84	USD
3	Konstruksi Lambung		
	<i>Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2015 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)</i>		
	Harga	492.00	USD/ton
	Berat konstruksi	1.997	ton
	Harga Konsruksi Lambung	982.7	USD
4	Elektroda		
	<i>(diasumsikan 6% dari berat baja kapal)</i>		
	<i>Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com</i>		
	Harga	2526	USD/ton
	Berat baja kapal total (hull, deck, konst)	1.198	ton
	Harga Elektroda	3027	USD
Total Harga Baja Kapal		8923	USD

Tabel VI. 2. Perhitungan harga *Equipment & Outfitting*

No	Item	Value	Unit
1	Railing dan Tiang Penyangga		
	<i>(pipa aluminium d = 50 mm, t = 3 mm)</i>		
	<i>Sumber: www.metaldepot.com</i>		
	Harga	35.00	USD/m
	Panjang railing dan tiang penyangga	134.00	m
	Harga Railing dan Tiang Penyangga	4,690	USD
2	Atap Kapal		
	<i>(polycarbonate solid clear, t = 2 mm)</i>		
	<i>Sumber: http://www.sheetplastics.co.uk</i>		
	Harga	45.2	USD/m ²
	Luas atap kapal	94.76	m ²
	Harga Polycarbonate	4,283	USD
3	Kaca Polycarbonate		
	<i>(kaca polycarbonate, t = 3 mm)</i>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com/product-detail/FLOAT-Glass-TEMPERED.html</i>		
	Harga	6.4	USD/m ²
	Luas atap kapal	94.76	m ²
	Harga Kaca Polycarbonate	606	USD
4	Kursi Penumpang		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Jumlah	50	unit
	Harga per unit	120	USD
	Harga Kursi	6,000	USD
5	Jangkar		
	Jumlah	2	unit
	Harga per unit	110	USD
	Harga jangkar	220	USD
6	Peralatan Navigasi & Komunikasi		
	a. Peralatan Navigasi		
	Radar	2,600	USD
	Kompas	60	USD
	GPS	850	USD
	Lampu Navigasi		
	- Masthead Light	9.8	USD
	- Anchor Light	8.9	USD
	- Starboard Light	12	USD
	- Portside Light	12	USD
	Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)	17,500	USD
	Automatic Identification System (AIS)	4,500	USD

	Telescope Binocular	60	USD
	Harga Peralatan Navigasi	25,613	
	b. Peralatan Komunikasi		
	Radiotelephone		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	172	USD
	Harga total	172	USD
	Digital Selective Calling (DSC)		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	186	USD
	Harga total	186	USD
	Navigational Telex (Navtex)		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	12,500	USD
	Harga total	12,500	USD
	EPIRB		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	110	USD
	Harga total	110	USD
	SART		
	Jumlah	2	Set
	Harga per set	450	USD
	Harga total	900	USD
	SSAS		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	19,500	USD
	Harga total	19,500	USD
	Portable 2-way VHF Radiotelephone		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	87	USD
	Harga total	174	USD
	Harga Peralatan Komunikasi	33,542	
	Total Harga Equipment & Outfitting	74954	USD

Tabel VI. 3. Perhitungan harga komponen kelistrikan

c	Item	Value	Unit
1	Inboard Motor		
	<i>(dua unit Inboard motor Volvo)</i>		
	Jumlah inboard motor	2	unit
	Harga per unit	37560	USD/unit

	Shipping Cost	500	USD
	Harga Inboard Motor	75620	USD
2	Komponen Kelistrikan		
	<i>saklar, kabel, dll</i>		
	Diasumsikan sebesar	500	USD
	Harga Komponen Kelistrikan	500	USD
3	Genset		
	<i>(2 unit Genset merk Caterpillar Tipe C2.2)</i>		
	Jumlah Genset	2	unit
	Harga per unit	7995	USD/unit
	Shipping Cost	0	USD
	Harga Genset	15990	USD
	Total Harga tenaga penggerak	92110	USD

Tabel VI. 4. Rekapitulasi perhitungan biaya pembangunan kapal

Biaya Pembangunan			
No	Item	Value	Unit
1	Baja Kapal & Elektroda	8923	USD
2	Equipment & Outfitting	74954	USD
3	Tenaga Penggerak	92110	USD
Total Harga (USD)		175988	USD
Kurs Rp - USD (per 1 Desember 2015, BI)		13854	Rp/USD
Total Harga (Rupiah)		2,438,131,375.52	Rp

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa biaya pembangunan kapal adalah sebesar 175988 USD atau Rp 2.438.131.375,52 dengan kurs yang didapat dari bank Indonesia per 1 Desember 2015 adalah 1 USD = Rp 13.854,-

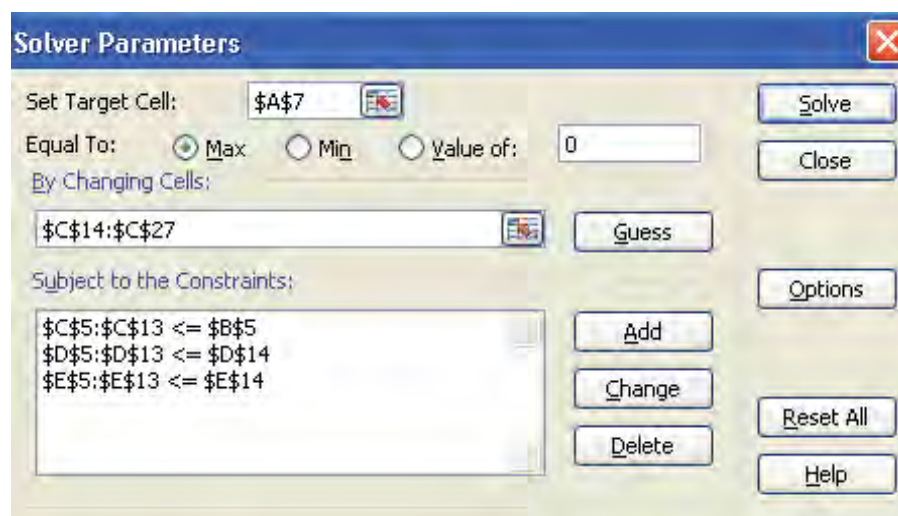
Biaya pembangunan ini merupakan harga pokok produksi (*cost*). Selanjutnya untuk menentukan harga jual kapal (*price*) maka harga pokok produksi akan dikoreksi terhadap keuntungan galangan, pajak, dan kondisi ekonomi. Perhitungan koreksi keadaan ekonomi dapat dilihat pada Table VI.5.

Tabel VI. 5. Perhitungan koreksi keadaan ekonomi pada biaya pembangunan kapal

No	Item	Value	Unit
1	Keuntungan Galangan		
	<i>5% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Keuntungan Galangan	121,906,568.78	Rp
2	Biaya Untuk Inflasi		
	<i>2% dari biaya pembangunan awal</i>		

minimization problem. Karena dalam Tugas Akhir ini *constraint* sudah dinyatakan secara eksplisit, maka kelompok yang akan dipakai adalah kelompok Direct method.

Kelompok direct method juga dapat dibedakan menjadi beberapa bagian, akan tetapi dalam Tugas Akhir ini akan dipakai generalized reduced gradient method. Selain karena pertimbangan efisiensi, metode ini juga menggunakan proses iterasi untuk mencari nilai minimum atau maksimum. Metode ini juga diaplikasikan pada beberapa *software*, dan salah satunya adalah *tools* Solver pada *software* Microsoft Excel. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menggunakan *tools* Solver tersebut untuk melakukan optimisasi.



Gambar II. 2. Tampilan *tools* Solver pada Microsoft Excel

II.3.2. Generalized Reduced Gradient Method

Menurut (Rao, 1996) metode optimisasi generalized reduced gradient method (GRG) merupakan pengembangan dari metode *reduced gradient* dan dapat mencari optimal dengan jumlah iterasi yang minimal.

Metode GRG pada optimisasi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Objective function : } \text{minimize } f(x) \quad (\text{II.1})$$

$$\text{Variable : } x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ n \end{pmatrix} \dots\dots\dots (\text{II.2})$$

$$\text{Constraints : } g_i(x) \leq 0, i = 1, 2, 3, \dots, i \dots\dots (\text{II.3})$$

$$h_i(x) \leq 0, i = 1, 2, 3, \dots, j$$

	Biaya Inflasi	48,762,627.51	Rp
3	Biaya Pajak Pemerintah		
	<i>10% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Biaya Dukungan Pemerintah	243,813,137.55	Rp
Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi		414,482,333.84	Rp

Biaya koreksi keadaan ekonomi terdiri dari 3 komponen, yaitu keuntungan galangan kapal, biaya untuk inflasi, dan pajak pemerintah. Dari perhitungan di atas didapatkan besarnya tiap komponen antara lain sebagai berikut :

Keuntungan galangan = Rp 121.906.568,78

Inflasi = Rp 48,762,627.51

Pajak = Rp 243,813,137.55

Maka, harga jual kapal (*price*) dapat dihitung sebagai berikut :

Harga jual (*price*) = Harga pokok produksi + Inflasi + Keuntungan Galangan + Pajak

Biaya pembangunan = 2.438.131.375,52 + 48,762,627.51 + 121.906.568,78 + 174.859.703,98
= **Rp 2.852.613.709,35**

VI.2. Perhitungan *Operational Cost*

Operational cost merupakan biaya yang harus dikeluarkan *owner* kapal secara rutin. Pada Tugas Akhir ini, perhitungan *operational cost* ditentukan untuk biaya rutin yang harus dikeluarkan *owner* kapal setiap tahun. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya *operational cost* di antaranya biaya perawatan kapal, asuransi, gaji kru kapal, cicilan pinjaman bank, serta biaya bahan bakar. Untuk lebih jelasnya, nominal *operational cost* kapal katamaran dapat dilihat pada Tabel VI.6 di bawah ini.

Tabel VI. 6. *operational cost* kapal wisata katamaran

OPERATIONAL COST		
Biaya	Nilai	Masa
Cicilan Pinjaman	Rp 713,866,581	per tahun
Gaji Crew	Rp 168,000,000	per tahun
Biaya Perawatan	Rp 285,261,371	per tahun
Asuransi	Rp 57,052,274	per tahun
Bahan Bakar Diesel	Rp 599,040,000	per tahun
Total	Rp 1,823,220,226	per tahun

VI.3. Perhitungan Biaya Investasi

Perhitungan biaya investasi dilakukan untuk mengetahui apakah pembangunan kapal ini layak untuk dilakukan sesuai dengan periode yang ditentukan. Setelah diketahui harga jual kapal (*price*), maka diasumsikan pemilik kapal melakukan pinjaman pada bank sebesar 65% dari harga jual kapal dengan bunga 13,5% per tahun. Hal itu sesuai dengan kebijakan Bank Mandiri per 5 Maret 2015. Selain harga jual kapal, dalam penghitungan biaya investasi juga melibatkan biaya operasional kapal.

VI.3.1. Perencanaan *Trip* Kapal

Kapal wisata katamaran diperkirakan mampu melakukan trip maksimal 2 kali dalam sehari. Hal itu didasarkan pada perhitungan yang menunjukkan bahwa dalam sekali trip kapal ini membutuhkan waktu sekitar dua ratus lima puluh menit. Durasi perjalanan tersebut didapatkan dari perhitungan antara akumulasi jarak seluruh *spot* dan kecepatan dinaskapal katamaran.

Untuk lebih jelasnya, jumlah trip kapal wisata katamaran dalam satu tahun dapat dilihat pada Tabel VI.7 di bawah ini.

Tabel VI. 7. Jumlah *trip* kapal wisata katamaran

Bulan	Trip per Hari	Jumlah Hari	Trip per Bulan
Oktober	2	27	54
November	2	26	52
Desember	2	27	54
Januari	2	27	54
Februari	2	25	50
Maret	2	27	54
April	2	26	52
Mei	2	27	54
Juni	2	26	52
Juli	2	27	54
Agustus	2	27	54
September	2	26	52
Perencanaan Trip Dalam 1 Tahun			636

VI.3.2. Penentuan Harga Tiket

Penentuan harga tiket kapal mengacu pada biaya pembangunan dan biaya operasional kapal wisata katamaran. Selain itu nilai jual dari kawasan wisata Karimunjawa serta jarak

antar *spot* wisata juga menjadi pertimbangan untuk menentukan harga tiket kapal wisata katamaran. Perencanaan harga tiket dapat dilihat pada Tabel VI.8. di bawah ini.

Tabel VI. 8. Perencanaan harga tiket kapal wisata katamaran

Rute	Jumlah Penumpang	Harga Tiket	Pendapatan
Paket Karimun Jawa	50	Rp 75,000	Rp 3,750,000
Total Pendapatan 1 kali Trip			Rp 3,750,000
Total Pendapatan 1 hari (2 kali Trip)			Rp 7,500,000

VI.3.3. Perhitungan *Net Present Value*

Net Present Value merupakan selisih antara pengeluaran dan pemasukan yang telah didiskon dengan menggunakan *social opportunity cost of capital* sebagai diskon factor, atau dengan kata lain merupakan arus kas yang diperkirakan pada masa yang akan datang yang didiskonkan pada saat ini. Untuk menghitung NPV diperlukan data tentang perkiraan biaya investasi, biaya operasi, dan pemeliharaan serta perkiraan manfaat/benefit dari proyek yang direncanakan.

Arus kas masuk dan keluar yang didiskonkan pada saat ini (*present value/PV*) yang dijumlahkan selama masa hidup dari proyek tersebut dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$PV = \frac{R_t}{(1 + i)^t}$$

Dimana : R_t = Arus kas bersih (*net cash flow*) dalam waktu t

i = suku bunga yang digunakan

t = waktu arus kas

Dari perhitungan biaya pembangunan kapal dan biaya operasional kapal kemudian dilakukan perhitungan NPV dengan formula di atas. Setelah itu dilakukan perhitungan, didapatkan nilai $NPV > 0$. Berdasarkan ketentuan pada tabel VI.9, maka investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi pembuat kapal serta proyek bias dijalankan. Tabel VI.10 ini menyajikan perhitungan NPV yang dilakukan.

Faktor konversi pada perhitungan ini adalah besarnya nilai $(1+i)^t$. Faktor konversi ini memasukan nilai bunga pinjaman dalam perhitungan NPV.

Tabel VI. 9. Arti dari perhitungan NPV terhadap keputusan investasi yang akan dilakukan
(en.wikipedia.org/NPV, 2013)

Bila	Berarti	Maka
NPV > 0	Investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi perusahaan	Proyek bias dijalankan
NPV < 0	Investasi yang dilakukan akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan	Proyek ditolak
NPV = 0	Investasi yang dilakukan tidak mengakibatkan perusahaan untung ataupun merugi	Kalau proyek dilaksanakan atau tidak dilaksanakan tidak berpengaruh pada perusahaan. Keputusan harus ditetapkan dengan menggunakan criteria lain misalnya dampak investasi terhadap positioning perusahaan

Tabel VI. 10. Perhitungan *Net Present Value*

Tahun	Cash Flow			Comulative
	Cash Inflow	Cash Outflow	Net Cashflow	
0	-2,852,613,709.35		-2,852,613,709	-2,852,613,709
1	4,770,000,000.00	-1,823,220,226	2,946,779,774	94,166,065
2	4,770,000,000.00	-1,823,220,226	2,946,779,774	3,040,945,839
3	4,770,000,000.00	-1,823,220,226	2,946,779,774	5,987,725,613
4	4,770,000,000.00	-1,823,220,226	2,946,779,774	8,934,505,387

Bunga Bank = 10%
 NPV = Rp 9,406,567,688
 IRR = 80%

Karena nilai NPV > 0, maka investasi proyek ini **LAYAK** dilakukan

VI.3.4. Perhitungan Break Event Point

Dalam ilmu ekonomi, terutama akuntansi biaya, titik impas (*break event point*) adalah sebuah titik dimana biaya atau pengeluaran dan pendapatan adalah seimbang sehingga tidak terdapat kerugian atau keuntungan.

Untuk menghitung BEP dapat dilakukan dengan menggunakan dua formula, yaitu :

a. Berdasarkan Unit

$$X = \frac{TFC}{P - V}$$

Dimana : X = Unit

TFC = *total fixed cost*, biaya tetap

P = *price*, harga per unit

V = biaya variable per unit

b. Berdasarkan Nilai

$$BEP = \frac{TFC}{1 - \frac{VC}{P}}$$

Dimana : BEP = *break event point*

TFC = *total fixed cost*, biaya tetap

P = *price*, harga per unit

VC = biaya variable per unit

Dalam Tugas Akhir ini perhitungan BEP dilakukan dengan formula 6.2. hal ini dikarenakan yang dicari adalah berapa waktu (tahun) yang diperlukan agar terjadi pengeluaran dan pemasukan seimbang.

$$\begin{aligned} TFC &= \text{biaya pembangunan kapal} + \text{bunga bank} \\ &= \text{Rp } 2.852.613.709,35 + \text{Rp } 285.261.370,94 \\ &= \text{Rp } 3.137.875.080,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Pemasukan per tahun} \\ &= \text{Rp } 4.770.000.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{biaya variabel per tahun} \\ &= \text{biaya perawatan} + \text{biaya asuransi} + \text{gaji crew} \\ &= \text{Rp } 285.261.371,- + \text{Rp } 57.052.274,- + \text{Rp } 168.000.000,- \\ &= \text{Rp } 510.313.645,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } X &= \frac{\text{Rp } 3.137.875.080,3}{(\text{Rp } 4.770.000.000 - \text{Rp } 510.313.645)} \\ &= 0,737 \end{aligned}$$

Jadi, BEP terjadi ketika 0,737 tahun kapal untuk kembali modal

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

VII.1. Kesimpulan

Dari analisis, perhitungan teknis, dan proses optimisasi mengenai kapal wisata katamaran yang beroperasi di perairan Karimun Jawa yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Didapatkan ukuran utama optimal kapal, yaitu :

Loa	=	18,072	m
Lwl	=	17,02	m
B	=	9,92	m
B ₁	=	1,705	m
H	=	2,5	m
T	=	0,832	m
S	=	6,51	m
Vs max	=	15	knot
Vs dinas	=	12	Knot
Crew	=	4	person
Passangers	=	50	person

2. Rencana garis dan rencana umum yang sesuai dengan karakteristik perairan Karimunjawa dapat dilihat dilampiran.
3. Dari analisis ekonomi yang sudah dilakukan, maka didapatkan hasil antara lain sebagai berikut :
 - Harga pokok produksi = Rp 2.438.131.375,52
 - Harga jual kapal = Rp 2.852.613.709,35
 - Nilai NPV = Rp 9,406,567,688
 - IRR = 80 %
 - Angsuran per tahun = Rp 713.866.581,-
 - Jumlah bunga total 4 tahun = Rp 1.001.267.411,98

VII.2. Saran

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini masih banyaknya perhitungan yang dilakukan dengan formula estimasi/pendekatan, maka untuk menyempurnakan Tugas Akhir desain kapal wisata katamaran untuk perairan Karimun Jawa ini terdapat beberapa saran, antara lain sebagai berikut :

1. Perhitungan berat konstruksi agar dilakukan dengan lebih terperinci agar hasil yang didapatkan lebih akurat dan mendekati keadaan yang sebenarnya.
2. Perlu adanya perbandingan kapal ini dengan jenis kapal yang sama, ukuran utama kapal yang sama, tetapi dengan bahan lambung (badan konstruksi) yang berbeda, semisal fiber atau aluminium.
3. Perlu dilakukan pemeriksaan material konstruksi lebih lanjut untuk mengetahui kekuatan struktur konstruksi kapal.
4. Perlu dilakukan perhitungan mengenai kelistrikan yang lebih terperinci untuk mendapatkan hasil yang maksimal.
5. Perlu dilakukan perhitungan biaya pembangunan kapal yang lebih akurat, seperti biaya tenaga kerja dan material yang digunakan dan waktu yang di butuhkan untuk menyelesaikan.

Data Wisatawan

Data Jumlah Kunjungan Wisatawan Ke Objek Wisata Taman Nasional Laut Karimunjawa Tahun (2008-2014)

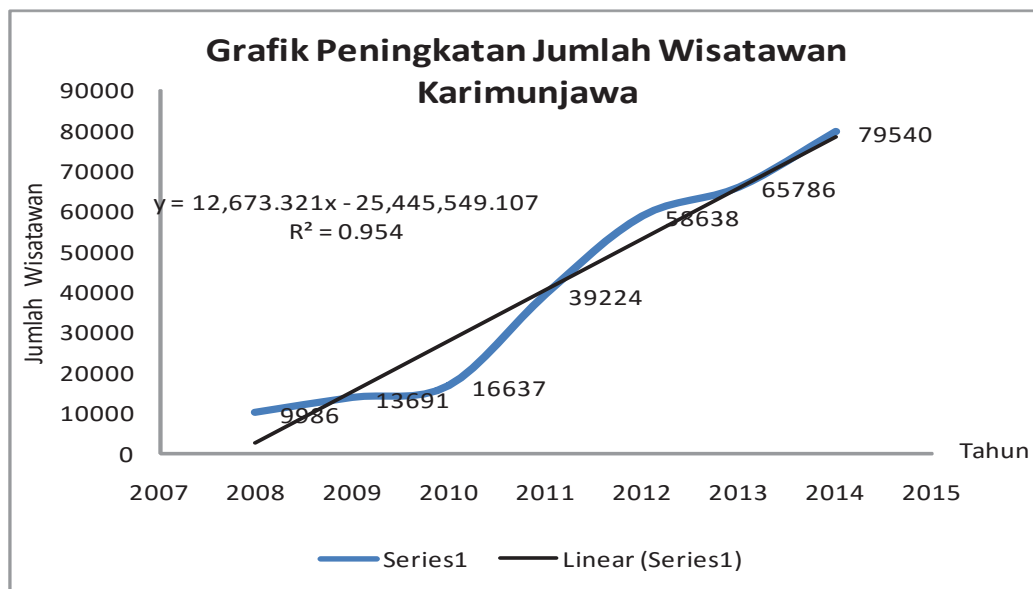
Tahun	Wisatawan		Jumlah	Pertumbuhan (%)
	Wisnus	Wisman		
2008	7.837	2.149	9.986	-
2009	13.691	-	13.691	37,1
2010	15.070	1.567	16.637	21,5
2011	37.208	2.016	39.224	135,8
2012	53.633	5.005	58.638	49,5
2013	59.169	6.617	65.786	12,2
2014	72.097	7.443	79.540	21,1
Jumlah	258.705	24.797	283.502	-

Sumber : Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kab.Jepara (2008-2014)

Jumlah wisatawan Taman Nasional Laut Karimunjawa 2008-2014 menurut data Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kab. Jepara

Tahun	Wisnus	Wisman	Jumlah	Pertumbuhan (%)
2008	7837	2149	9986	-
2009	13691	-	13691	37.1
2010	15070	1567	16637	21.5
2011	37208	2016	39224	135.8
2012	53633	5005	58638	49.5
2013	59169	6617	65786	12.2
2014	72097	7443	79540	21.1
Jumlah	258705	24797	283502	-

Sumber : (Anasthacia, 2015)



Sehingga didapatkan persamaan linier :

$$y = 12,673.321x - 25,445,549.107$$

Maka, dapat diperkirakan jumlah wisatawan pada tahun 2015 dan 2016 ialah :

Tahun	Jumlah
2008	9986
2009	13691
2010	16637
2011	39224
2012	58638
2013	65786
2014	79540
2015	89054
2016	101337

Dari hasil perkiraan jumlah wisatawan akan dikalikan terlebih dahulu dengan faktor error sebesar 10% sehingga di dapat nantinya akan di peroleh perkiraan jumlah wisatawan tahun

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah wisatawan} &= 90\% \times 101337 = 91204 \text{ wisatawan tahun 2016} \\
 &= 91204/365 \\
 &= 7600 \text{ orang/bulan} \\
 &= 125 \text{ orang/hari}
 \end{aligned}$$

Rute



$$\begin{aligned}
 \text{jarak perjalanan} &= 6.19 \text{ nm} = 11.46388 \text{ km} \\
 (\text{sumber: aplikasi google earth})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{kecepatan 12 knot} &= 12 \text{ nm/jam} \\
 &= 22.224 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{lama perjalanan} &= 30.95 \text{ menit} \\
 \text{lama satu kali perjalanan} &= 250 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{jam kerja satu hari} &= 8 \text{ jam} \\
 &= 480 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{banyak trip sehari} &= 2 \text{ kali} \\
 \text{penumpang sekali trip} &= 62 \text{ orang} \\
 \text{diambil} &= 50 \text{ orang}
 \end{aligned}$$

hal ini disebabkan untuk memenuhi faktor

Perhitungan Ukuran Utama

Persyaratan

1 Payload	50 orang 3750 kg	A minimum weight of 75 kg shall be assumed for each passenger except that this value may be increased subject to the approval of the Administration. In addition, the mass and distribution of the luggage shall be approved by the Administration. (2008 IS Code part A
2 Muatan	Manusia	
3 Jenis Kapal	Katamaran	

PERHITUNGAN DISPLACEMENT

Dari artikel yang ditulis oleh Terho Halme,
diperoleh harga koefisien DWT untuk Kapal Cruising Catamaran:

Berat Muatan =	20% Displacement
Jumlah Penumpang =	50
Berat Penumpang @	75 Kg
Berat Barang Bawaan @	5 Kg
Berat Muatan =	4000 Kg ; 20%

Total Displacement =	5*Berat Muatan
=	20000 Kg
=	20 Ton

Data Kapal Pembanding

No.	Nama Kapal	Displacement	Lwl (m)	B (m)	B1 (m)	H (m)	T (m)	Vs
1	BT B-405	20,413	13	7	1.65	2.5	1.2	16.4
2	BT F-403	20,491	13	7	1.59	2.5	1.25	19
3	BT F-411	20,362	13	7	1.58	2.5	1.25	20.6
4	BT A-402	19,922	12.8	6.7	1.57	2.4	1.25	14.9
5	BT A-307	19,820	12.8	6.7	1.56	2.4	1.25	13.4
6	BT B-310	19,784	11.6	6.63	1.87	2.4	1.15	16.3
7	BT A-405	19,235	11.6	6.63	1.83	2.4	1.15	14.6
8	BT R-401	25,058	17.63	10.21	1.74	2.6	1.03	16
9	BT Y-402	24,684	11.97	7.25	2.15	2.5	1.21	17.2
10	BT R-402	25,629	12.61	7.5	2.12	2.6	1.21	16.5
MIN =		19,235	11.60	6.63	1.56	2.40	1.03	13.40
MAX =		25,629	17.63	10.21	2.15	2.60	1.25	20.60

Dari Hasil Optimasi kapal pembanding didapatkan nilai ukuran utama kapal, yaitu

Lwl	=	17.02	m
B	=	9.92	m
B1	=	1.705	m
H	=	2.5	m
T	=	0.832	m
VS	=	15	Knot
S (lebar antar lambung)	=	6.51	m

Output Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien

Ukuran Utama

Loa	=	18.072 m	(didapatkan dari model di <i>maxsurf</i>)
Lwl	=	17.020 m	
B	=	9.920 m	
B ₁	=	1.705 m	
H	=	2.500 m	
T	=	0.832 m	
S	=	6.510 m	
V _{max}	=	15.000 knot	= 7.716 m/s
V _S	=	12.000 knot	= 6.173 m/s
g	=	9.81 m/s ²	

Batasan Perbandingan Ukuran Utama

L/B ₁	=	10.60	; Insel & Molland (1992)	→	5.9 < L/B ₁ < 11.1
L/H	=	7.23	; Insel & Molland (1992)	→	5.9 < L/B ₁ < 11.1
B/H	=	3.968	; Insel & Molland (1992)	→	0.7 < B/H < 4.1
S/L	=	0.360	; Insel & Molland (1992)	→	0.19 < S/L < 0.51
S/B ₁	=	3.818	; Insel & Molland (1992)	→	0.9 < S/B < 4.1
B ₁ /T	=	2.049	; Insel & Molland (1992)	→	0.9 < B/T < 3.1
B ₁ /B	=	0.172	; Multi Hull Ships, hal. 61	→	0.15 < B ₁ /B < 0.3
CB	=	0.381	; Multi Hull Ships, hal. 61	→	0.36 < CB < 0.59

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

1. Displacement

Dari artikel yang ditulis oleh Terho Harme,
Diperoleh total Displacement kapal katamaran:

$$\Delta = 20.000 \text{ ton}$$

2. Volume Displasemen

$$\begin{aligned} \nabla_t &= \Delta / \rho \\ &= 19.512 \text{ m}^3 \\ \text{volume displacement untuk 1 hull adalah} \\ \nabla &= 9.756 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3. Koefisien Blok

Ref: (Practical Evaluation Of Resistance Of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part 1)

$$\begin{aligned} C_B &= \nabla / (L \cdot B_1 \cdot T) \\ &= 0.381 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Froude Number

Ref: (PNA vol.2 hal 54)

$$\begin{aligned} F_n &= V_s / \sqrt{g \cdot L_{pp}} \\ F_n &= 0.579502 \end{aligned}$$

5. Koefisien Luas Midship

Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html

$$\begin{aligned} C_M &= A_M / (T \cdot B_M) \\ A_M &= 0.375 \text{ m}^2 \text{ (luas station midhip)} \\ B_M &= 0.943 \text{ m}^2 \text{ (lebar lambung di midship setinggi sarat)} \\ C_M &= 0.478 \end{aligned}$$

6. Koefisien Prismatic

Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html

$$\begin{aligned} C_P &= \nabla / (A_S \cdot L_{WL}) \\ A_S &= 0.76 \text{ m}^2 \text{ (luas station terluas setinggi sarat)} \\ &= 0.754 \end{aligned}$$

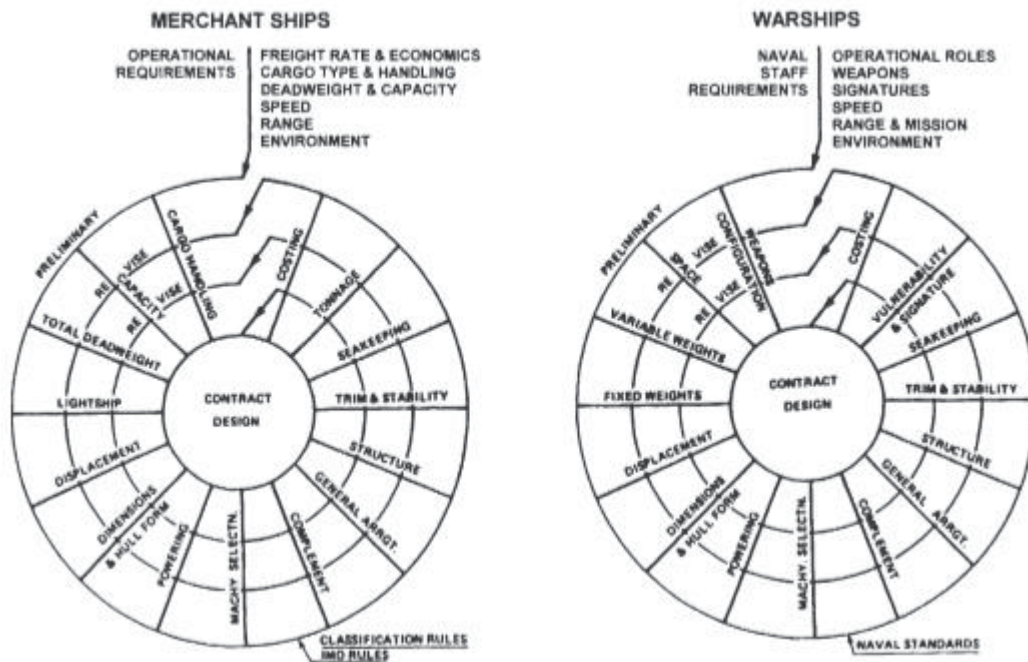
7. Koefisien Bidang Garis Air

Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html

$$\begin{aligned} C_{WP} &= A_{WP} / (B_{WL} \cdot L_{WL}) \\ A_{WP} &= 7.2 \text{ m}^2 \\ B_{WL} &= 1.112 \text{ m} \\ &= 0.380 \end{aligned}$$

8. Panjang Garis Air

$$\begin{aligned} L_{pp} &= L_{wl} \\ \text{(didapat dari Maxsurf)} \\ &= 17.020 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar II. 1. “The Spiral Diagram”

II.2.1. Concept Design

Concept design atau konsep desain kapal merupakan tahap lanjutan setelah adanya *Owner requirement*. Konsep desain kapal adalah tugas atau misi desainer untuk mendefinisikan sebuah objek untuk memenuhi persyaratan misi dan mematuhi kendala/permasalahan yang ada. Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal, biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini umumnya berupa gambar atau sketsa, baik sebagian ataupun secara lengkap.

II.3. Metode Desain Kapal

Metode desain kapal yang selama ini telah dikembangkan berdasarkan teori dan pengalaman terdiri dari metode perbandingan kapal (*method of comparison ship*), metode statistic (*method of statistics*), metode iterasi (*trial and error*) dan metode penyelesaian kompleks (*method of complex solution*). Metode-metode tersebut dapat diterapkan dan dikombinasikan satu sama lainnya (Santosa, 1999).

Pada beberapa tahun yang lalu, metode perbandingan kapal adalah cara yang banyak dipakai. Selain itu pemakaian harga perbandingan dan grafik yang dibuat atau diperoleh dari statistic kapal-kapal yang sudah ada juga sering digunakan. Dari

Perhitungan Hambatan

Ukuran Utama

L_{wl}	=	17.020 m
L_{pp}	=	17.020 m
B	=	9.920 m
B_l	=	1.705 m
H	=	2.500 m
T	=	0.832 m
S	=	6.51 m
C_B	=	0.381
C_M	=	0.478
C_P	=	0.754
C_{WP}	=	0.380
F_n	=	0.580
V_{max}	=	7.72 m/s
V_s	=	6.17 m/s

Dari Paper M. Insel, Ph.D dan A.F. Molland, M.Sc. Ph.D.,C.Eng. Didapat rumus tahanan total untuk katamaran adalah sbb :

$$R_t = 0.5 \times \rho \times WSA \times V^2 \times 2 C_{tot} \quad N$$

Dimana

ρ	=	massa jenis fluida	=	1025	kg/m ³
WSA	=	luas permukaan basah			
V	=	kecepatan kapal	=	7.716	m/s
C_{tot}	=	koefisien hambatan total			

$$C_{tot} = (1 + \beta_k) \cdot C_f + \tau \cdot C_w$$

Dimana

$(1 + \beta_k)$	=	Catamaran Viscous Resistance Interference
C_f	=	Viscous Resistance
τ	=	Catamaran Wave Resistance Interference
C_w	=	Wave Resistance

Perhitungan

1. Viscous Resistance (ITTC 1957)

● C_F

$$R_n = \frac{L_{wl} \cdot V_s}{v} = (L_{WL} \cdot V_S) / (1$$

$$= 110515202.3$$

v = Viskositas Kinematis

$$C_F = 0.075 / ((\log R_n - 2))^2$$

$$= 0.002054$$

● $1+\beta k_1$ (Catamaran Viscous Resistance Interference)

Untuk model kapal dengan bentuk Round Bilge hull sebagai side hull, maka harga $(1+\beta k)$ dapat ditentukan dari interpolasi harga β dan $(1+k)$ dari model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S/B1 &= 3.818 \\ L/B1 &= 9.982 \end{aligned}$$

(variation of viscous interference factor with S/B1 from insel - molland)

		S/B1				
		1	2	3	4	5
β		1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
		1.6	1.57	1.54	1.52	1.5
		2.35	2.32	2.29	2.27	2.25

		S/B1		
		2	3	3.818
β		1.57	1.54	1.5154
		2.32	2.29	2.265

untuk harga L/B1 = 9

untuk harga L/B1 = 11

		L/B1		
		9	11	9.98
β		1.5154	2.265	1.8838

Sehingga nilai β yang diambil adalah = 1.8838

Sedangkan untuk harga faktor bentuk monohull dengan $(1+k)$ didapat dari interpolasi sebagai berikut :

(table II derived from factors for the models in monohull configuration)

Model	C4	C5	
L/B1	9	11	9.982
$(1+k)$	1.3	1.17	1.23617

Sehingga nilai $(1+k)$ yang diambil adalah = 1.2361

$$\begin{aligned} \text{maka: } (1+\beta k) &= (\beta \times (1+k)) - \beta + 1 \\ (1+\beta k) &= 1.4448 \end{aligned}$$

2. Catamaran Wave Resistance Interference (τ)

Untuk model kapal dengan bentuk Round Bilge hull sebagai side hull, maka harga (τ) dapat ditentukan dari interpolasi model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S/L &= 0.3824 \\ L/B1 &= 9.982 \\ Fn &= 0.580 \end{aligned}$$

(wave resistance interference factor)

		(S/L) ₁ = 0.2		(S/L) ₂ = 0.3	
		Fn		Fn	
		0.4	0.5	0.4	0.5
τ	L/B1	1.8	1.76	1.15	1.42
	9	1.8	1.65	1.3	1.38

		(S/L) ₁ = 0.2			(S/L) ₂ = 0.3		
		Fn			Fn		
		0.4	0.5	0.580	0.4	0.5	0.580
τ	L/B1	1.8	1.76	1.7281	1.15	1.42	1.6346
	9	1.8	1.65	1.5307	1.3	1.38	1.4436

Fn	0.580	0.580	0.580
S/L	0.2	0.3	0.3824
τ	1.7281	1.6346	1.5574
	1.5307	1.4436	1.3717

untuk harga L/B1 = 9
untuk harga L/B1 = 11

Fn	0.580	0.580	0.580
S/L	0.3824	0.3824	0.3824
L/B1	9	11	9.98
τ	1.5574	1.3717	1.46641

Sehingga nilai τ yang diambil adalah = 1.46641

2. Wave Resistance (Cw)

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge hull* sebagai *side hull* , maka harga (Cw) dapat ditentukan dari interpolasi model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

$$L/B1 = 9.982$$

$$Fn = 0.580$$

(wave resistance factor)

		Fn	
		0.4	0.5
Cw	L/B1	0.0032	0.0042
	9	0.0026	0.0027

		Fn		
		0.4	0.5	0.580
Cw	L/B1	0.0032	0.0042	0.00499
	9	0.0026	0.0027	0.00277

untuk harga L/B1 = 9
untuk harga L/B1 = 11

Fn	0.580	0.580	0.580
L/B1	9	11	9.982

C _w	0.00499	0.00278	0.0039
----------------	---------	---------	--------

Sehingga nilai C_w yang diambil adalah = 0.0039

$$C_{\text{tot}} = (1 + \beta_k) \cdot C_f + \tau \cdot C_w$$

$$C_{\text{tot}} = 0.00869$$

$$\text{WSA} = \left(\frac{\tilde{N}}{B_1} \right) \left(\left(\frac{1.7}{C_b - 0.2(C_b - 0.65)} \right) + \left(\frac{B_1}{T} \right) \right) m^2$$

(Ref: Practical Evaluation of Resistance of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part I)

Wetted Surface Area:

$$S = 1.7LT + \frac{V}{T} m^2 \text{ as per Mumford}$$

$$S = \frac{V}{B} \left[\frac{1.7}{C_B - 0.2(C_B - 0.65)} + \frac{B}{T} \right] m^2$$

$$\text{WSA} = 34.1165 \text{ m}^2 \text{ untuk satu lambung}$$

Karena katamaran memiliki 2 lambung, maka WSA-nya adalah

$$\text{WSA}_{\text{total}} = 68.233 \text{ m}^2$$

$$R_t = 0.5 \times \rho \times \text{WSA} \times V^2 \times C_{\text{tot}}$$

$$R_t = 18103.2 \text{ N}$$

$$R_t = 18.10 \text{ KN}$$

Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

Input Data

L_{WL}	=	17.020	m	
T	=	0.832	m	
B	=	9.920		
C_B	=	0.381		
V_{max}	=	7.716	m/s	
V_S	=	6.173	m/s	
D	=	0.625	T	(asumsi) ; Diameter (0.6 s.d. 0.65) · T
	=	0.520	m	
P/D	=	1		(asumsi) ; Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)
z	=	4	blade	(asumsi) ; Jumlah Blade
A_E/A_0	=	0.4		(asumsi) ; Expanded Area Ratio
R_t	=	18.103	kN	
LCB	=	-3.265	m dari midship	(Didapatkan dari model di maxsurf)

Perhitungan Awal

$1+\beta k$	=	1.44486		
C_F	=	$0.075/[(\log_{10} R_n - 2)]^2$	(ITTC 1957)	
	=	0.00205		
T/L_{wl}	=	0.04888		
C_A	=	$0.006 (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205$	untuk $T/L_{wl} > 0.04$ (ref : PNA vol.II, hal.93)	
C_A	=	0.0008		
C_V	=	$(1+\beta k) \cdot C_F + C_A$	(ref : PNA vol.II, hal.162)	
	=	0.00372		
w	=	$0.30.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.23 D/\sqrt{(BT)}$	untuk twin screw (ref : PNA vol.II, hal.163)	
	=	0.08668		
t	=	$0.325 C_b - 0.1885 D/\sqrt{(BT)}$	(ref : PNA vol.II, hal.163)	
	=	0.08956		
V_a	=	Speed of Advance		
	=	$V \cdot (1-w)$	(ref : PNA vol.II, hal.146)	
	=	7.047		

Effective Horse Power (EHP)

EHP	=	$R_T \cdot V$	(ref : PNA vol.II, hal.153)	
	=	139.684	kW	1 HP = 0.7355 kW
	=	189.917	HP	

Propulsive Coefficient Calculation

η_H	=	Hull Efficiency	(ref : PNA vol.II, hal.152)	
	=	$((1-t))/((1-w))$		
	=	0.99685		

$$\begin{aligned}
\eta_O &= \text{Open Water Test Propeller Efficiency} && (\text{diasumsikan}) \\
&= 0.56 && (\text{asumsi berdasarkan hasil percobaan open water test propeller pada umumnya}) \\
\eta_r &= \text{Rotative Efficiency} && (\text{ref : Ship Resistance and Propulsion modul 7 hal 180}) \\
&= 0.9737 + 0.111(\text{CP} - 0.0227 \text{ LCB}) - 0.06327 \text{ P/D} \\
&= 1.002376 && 0.97 \leq \eta_r \leq 1.07 \\
\eta_D &= \text{Quasi-Propulsive Coefficient} && (\text{ref : PNA vol.II, hal.153}) \\
&= \eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_r \\
&= 0.55956
\end{aligned}$$

Delivery Horse Power (DHP)

$$\begin{aligned}
\text{DHP} &= \text{EHP} / \eta_D && (\text{ref : Ship Resistance and Propulsion modul 7 hal 179}) \\
&= 249.6315 \text{ kW}
\end{aligned}$$

Brake Horse Power Calculation (BHP)

$$\begin{aligned}
\text{BHP} &= \text{DHP} + (\text{X}\% \text{DHP}) \\
\text{X}\% &= \text{Koreksi daerah pelayaran wilayah Asia Timur antara 15\%-20\% DHP} \\
\text{X}\% &= 15\% && (\text{Parametric Design Chapter 11, hal 11-29}) \\
\text{BHP} &= \mathbf{287.076 \text{ kW}} \\
\text{BHP} &= \mathbf{390.31 \text{ HP}} && 1 \text{ HP} = 0.7355 \text{ kW}
\end{aligned}$$

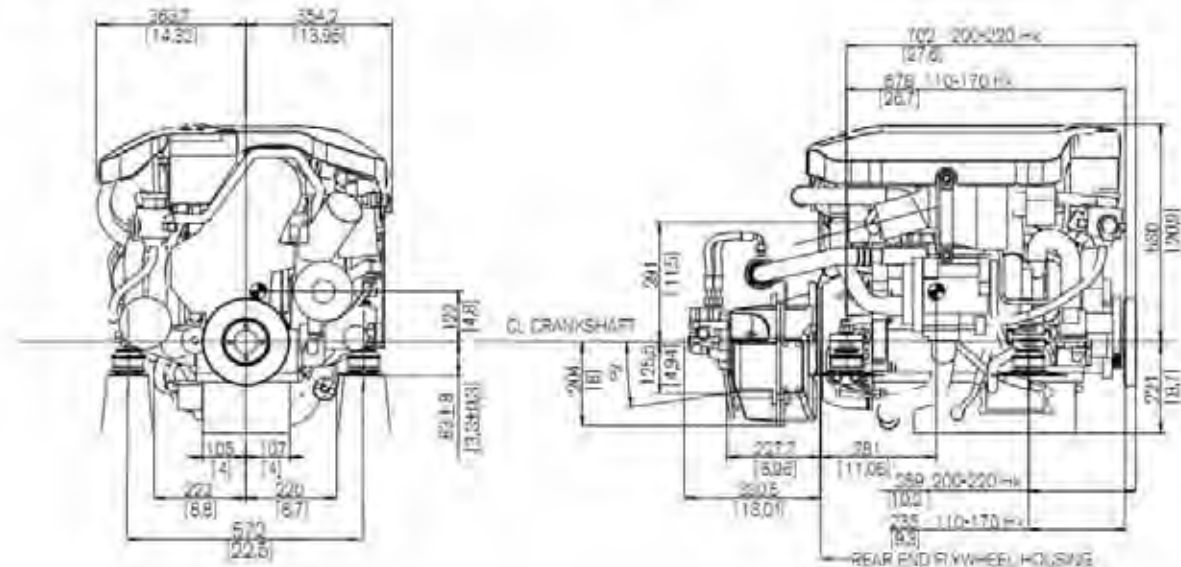
Pemilihan Mesin Induk

Technical Data

Engine designation	D3-170 I	D3-200 I	D3-220 I
Crankshaft power, kW (hp)	125 (170)	147 (200)	162 (220)
Propeller shaft power, kW (hp)	121 (165)	143 (194)	157 (213)
Engine speed, rpm	4000	4000	4000
Displacement, l (in ³)	2.4 (146)	2.4 (146)	2.4 (146)
Number of cylinders	5	5	5
Bore/stroke, mm (in.)	81/93.2 (3.19/3.67)	81/93.2 (3.19/3.67)	81/93.2 (3.19/3.67)
Compression ratio	16.5:1	16.5:1	16.5:1
Dry weight with HS45AE, kg (lb)	301 (664)	301 (664)	301 (664)
Dry weight with HS63IVE, kg (lb)	335 (739)	335 (739)	335 (739)

Dimensions D3-170,200, 220/HS45AE

Not for installation



Beban Pada Lambung

Ukuran utama *public catamaran boat*

Lwl	=	17.02	m	L konstruksi	
L	=	17.02	m	Lpp	= 17.02 m
B	=	9.92	m	0.96 Lwl	= 16.34 m
T	=	0.832	m	0.97 Lwl	= 16.51 m
H	=	2.5	m	Yang diambil :	
C _B	=	0.381		L konstruksi =	16.51 m

Pelat Lunas Alas dan Bilga

Lebar pelat lunas tidak boleh kurang dari :

$$b = 800 + 5L$$

$$= 800 + 5 * 12,57 = 882.5 \text{ mm}$$

Jadi : Lebar pelat lunas diambil = 1000 mm

Lebar pelat bilga diambil = 1000 mm

Wrang Pelat

Tinggi wrang pelat tidak boleh kurang dari :

$$h = 55B - 45$$

$$= 500.6 \text{ mm}$$

Jadi : h yang diambil ialah : 300 mm

Basic external dynamic load (P₀)

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})$$

$$C_0 = ((L/25)+4.1) \times C_{rw} ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

$$C_0 = 3.586$$

$$f = 1 \quad \text{untuk pelat kulit, geladak cuaca}$$

$$f = 0.75 \quad \text{untuk gading biasa, balok geladak}$$

$$f = 0.6 \quad \text{Untuk Gading Besar, Senta, Penumpu}$$

$$C_L = (L/90)^{1/2} ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

$$= 0.435$$

$$C_{RW} = 0.75 ; \text{ untuk pelayaran lokal (L)}$$

$$P_0 = 2.1 \times (0.381 + 0.7) \times 3.586 \times 0.435 \times 1 \times 0.75$$

$$= 2.654 \quad [\text{kN/m}^2]$$

Beban pelat pada sisi kapal (P_s)

Tabel 1

	Range	Factor C _D	Factor C _F
A	$0 \leq x/L < 0,2$	$1,2 - x/L$	$1,0 + 5/C_B [0,2 - x/L]$
	$x/L = 0.100$	$C_D = 1.100$	$C_F = 2.314$
M	$0,2 \leq x/L < 0,7$	1	1
	$x/L = 0.450$	$C_D = 1$	$C_F = 1$
F	$0,7 \leq x/L \leq 1$	$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$	$1 + 20/C_B [x/L - 0,7]^2$
	$x/L = 0.850$	$c = 0,15. L - 10$ $C_D = 1.250$	$C_F = 2.182$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$P_0 = \#REF! \text{ kN/m}^2$$

untuk, $Z_1 = 0.400 \text{ m}$ (di bawah garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \text{ (Ref : BKI vol 2 section 4)} \\ &= 10 (0.8 - 0.400) + 2.654 \times 2 \times (1 + 0.400/0.8) \\ &= 13.412 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $Z_2 = 0.900 \text{ m}$ (di atas garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 2.654 \times 2.314 / (10 + 0.900 - 0.8) \\ &= 12.198 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

untuk, $Z_1 = 0.400 \text{ m}$ (di bawah garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (0.8 - 0.400) + 2.654 \times 1 \times (1 + 0.400/0.8) \\ &= 8.249 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $Z_2 = 0.900 \text{ m}$ (di atas garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 2.654 \times 1 / (10 + 0.900 - 0.8) \\ &= 5.272 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

daerah $0.7 \leq x/L \leq 1$ [F]

untuk, $z_1 = 0.400 \text{ m}$ (dibawah garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (0.8 - 0.400) + 2.654 \times 2.182 \times (1 + 0.400/0.8) \\ &= 12.896 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $z_2 = 0.900 \text{ m}$ (diatas garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 2.654 \times 2.182 / (10 + 0.900 - 0.8) \\ &= 11.505 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Rekapitulasi beban pada sisi kapal

A	13.412	kN/m ²
	12.198	
M	8.249	kN/m ²
	5.272	kN/m ²
F	12.896	kN/m ²
	11.505	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka
 $P_S = 13.412 \text{ kN/m}^2$

Beban pada dasar kapal (P_B)

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot C_F \text{ (Ref : BKI vol 2 section 4)}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$\begin{aligned} P_B &= 10 \times 0.8 + 2.654 \times 2.314 \\ &= 14.460 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$P_B = 10 \times 0.8 + 2.654 \times 1 \\ = 10.974 \quad \text{kN/m}^2$$

daerah $0.7 \leq x/L \leq 1$ [F]

$$P_B = 10 \times 0.8 + 2.654 \times 2.182 \\ = 14.112 \quad \text{kN/m}^2$$

Rekapitulasi beban pada dasar kapal

A	14.460	kN/m ²
M	10.974	kN/m ²
F	14.112	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_B = 14.460 \quad \text{kN/m}^2$$

Perbandingan beban sisi (P_S) dengan beban dasar (P_B)

$$P_S = 13.412 \quad \text{kN/m}^2$$

$$P_B = 14.460 \quad \text{kN/m}^2$$

diambil beban yang paling besar, maka beban maksimal pada hull

$$P = 14.460 \quad \text{kN/m}^2$$

Beban pada geladak cuaca (P_D)

$$P_D = (P_0 \times 20 \times T \times C_D) / ((10 + Z - T)H) \quad (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})$$

$$P_0 = 2.654 \quad \text{kN/m}^2$$

$$H = 2.5 \quad \text{m}$$

$$Z = 2.5 \quad \text{m}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$C_D = 1.100$$

$$P_D = (2.654 \times 20 \times 0.8 \times 1.100) / [(10 + 2.500 - 0.8) \times 2.500] \\ = 1.665 \quad \text{kN/m}^2$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$C_D = 1$$

$$P_D = (2.654 \times 20 \times 0.8 \times 1) / [(10 + 2.500 - 0.8) \times 2.500] \\ = 1.514 \quad \text{kN/m}^2$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F]

$$C_D = 1.250$$

$$P_D = (2.654 \times 20 \times 0.8 \times 1.250) / [(10 + 2.500 - 0.8) \times 2.500] \\ = 1.892 \quad \text{kN/m}^2$$

Rekapitulasi beban pada geladak cuaca

A	1.665	kN/m ²
M	1.514	kN/m ²
F	1.892	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_D = 1.892 \quad \text{kN/m}^2$$

Perhitungan Tebal Pelat

Jarak Gading (a)

Jarak yang diukur dari pinggir mal ke pinggir mal gading.

$$L = 16.51 \text{ m}$$

$$a_0 = L/500 + 0,48 \text{ m} \quad (\text{Ref: BKI 98})$$

$$= (16.51 / 500) + 0.48$$

$$= 0.51 \text{ m}$$

diambil : $a = 0.60 \text{ m}$

Tebal Pelat Minimum

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01 \cdot L) \cdot (L \cdot k)^{1/2} ; \text{ untuk } L < 50 \text{ m}$$

$$= (1.5 - 0.01 \times 16.51) \times (16.51 \times 1)^{1/2}$$

$$= 5.424 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = 16 \text{ mm}$$

Tebal Pelat Alas

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_K ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

untuk 0.1 L di belakang AP dan 0.05 L di depan FP minimal :

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$$k = 1$$

$$n_f = 1$$

Untuk Konstruksi melintang

$$n_f = 0.83$$

Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

$$a = 0.60 \text{ m}$$

$$t_K = 1.5$$

untuk $t' < 10 \text{ mm}$

$$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5 \text{ untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil 0.106 L

$$P_B = 14.460 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(14.460 + t_K)$$

$$= 4.335 + t_K$$

$$= 4.335 + 1.5$$

$$= 5.835 \text{ mm} \quad \gg \quad 6 \text{ mm}$$

$$t_{B2} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(14.460 \times + t_K)$$

$$= 2.761 + t_K$$

$$= 2.761 + 1.5$$

$$= 4.261 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 6 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil 0.529 L

$$P_B = 10.974 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(14.460 \times 1) + t_K$$

$$= 3.776 + t_K$$

$$= 3.776 + 1.5$$

$$= 5.275 \text{ mm} \gg 6 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$t = 6 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil 0.812 L

$$P_B = 14.112 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(14.112 \times 1) + t_K$$

$$= 4.282 + t_K$$

$$= 4.282 + 1.5$$

$$= 5.782 \text{ mm} \gg 6 \text{ mm}$$

$$t_{B2} = 1.2 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(14.112 \times 1) + t_K$$

$$= 2.727 + t_K$$

$$= 2.727 + 1.5$$

$$= 4.227 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L$ [F]

$$t = 6 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat alas :

A	6	mm
M	6	mm
F	6	mm

diambil nilai t yang paling besar, maka

$$t_{\text{alas}} = 6 \text{ mm}$$

Tebal Pelat Sisi

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{S1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_S \cdot k)^{1/2} + t_K ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

untuk 0.1 L dibelakang AP dan 0.05 L didepan FP minimal :

$$t_{S2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_S \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$$k = 1$$

$$n_f = 1$$

Untuk Konstruksi melintang

$$n_f = 0.83$$

Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

$$a = 6.00 \text{ m}$$

$$t_K = 1.5$$

untuk $t' < 10 \text{ mm}$

$$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5 \text{ untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil 0.106 L

$$P_S = 13.412 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 t_{S1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(13.412 + t_K) \\
 &= 4.175 + t_K \\
 &= 4.175 + 1.5 \\
 &= 5.675 \text{ mm} \quad \gg \quad 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{S2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(13.412 + t_K) \\
 &= 1.778 + t_K \\
 &= 1.778 + 1.5 \\
 &= 3.278 \text{ mm} \quad \gg \quad 4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 6 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil 0.529 L

$$P_{S1} = 8.249 \text{ kN/m}^2 \quad \text{di bawah garis air}$$

$$\begin{aligned}
 t_{S1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(8.249 + t_K) \\
 &= 3.274 + t_K \\
 &= 3.274 + 1.5 \\
 &= 4.774 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$P_{S2} = 5.272 \text{ kN/m}^2 \quad \text{di atas garis air}$$

$$\begin{aligned}
 t_{S1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(5.272 + t_K) \\
 &= 2.617 + t_K \\
 &= 2.617 + 1.5 \\
 &= 4.117 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$t = 5 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil 0.812 L

$$P_{S1} = 12.896 \text{ kN/m}^2 \quad \text{di bawah garis air}$$

$$\begin{aligned}
 t_{S1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(12.896 + t_K) \\
 &= 4.094 + t_K \\
 &= 4.094 + 1.5 \\
 &= 5.594 \text{ mm} \quad \gg \quad 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{S2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(12.896 + t_K) \\
 &= 2.607 + t_K \\
 &= 2.607 + 1.5 \\
 &= 4.107 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$P_{S2} = 11.505 \text{ kN/m}^2 \quad \text{di atas garis air}$$

$$\begin{aligned}
 t_{S1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(11.505 + t_K) \\
 &= 3.867 + t_K \\
 &= 3.867 + 1.5 \\
 &= 5.645 \text{ mm} \quad \gg \quad 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{S2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(14.112 + t_K) \\
 &= 2.727 + t_K
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2.727 + 1.5 \\
 &= 4.227 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L [F]$

$$t = 6 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat sisi :

A	6	mm
M	5	mm
F	6	mm

diambil nilai t yang paling besar, maka
t sisi = 6 mm

Tebal Pelat Geladak

Tebal pelat geladak ditentukan dari nilai terbesar dari formula berikut:

$$t_D = 1.21 \cdot a \cdot (P_D \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$$k = 1$$

a = jarak gading

$$a = 5.00 \text{ m}$$

$$t_K = 1.5 \quad \text{untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$t_K = (0.1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0.5 \quad \text{untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

$$L = \quad t = \quad \text{m}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2 [A]$, diambil 0.106 L

$$P_D = 1.665 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{EI} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(11.665 \times 1) + t_K$$

$$= 0.937 + t_K$$

$$= 0.937 + 1.5$$

$$= 2.437 \text{ mm} \quad \gg \quad 3 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2 [A]$

$$t = 3 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7 [M]$, diambil 0.529 L

$$P_D = 1.514 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{EI} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(1.514 \times 1) + t_K$$

$$= 0.893 + t_K$$

$$= 0.893 + 1.5$$

$$= 2.393 \quad \gg \quad 3 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7 [M]$

$$t = 3 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L [F]$, diambil 0.812 L

$$P_D = 1.892 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{EI} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(1.892 \times 1) + t_K$$

$$= 0.999 + t_K$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.999 + 1.5 \\
 &= 2.499 \text{ mm} \quad \gg \quad 3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L[F]$

$$t = 3 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat geladak :

A	3	mm
M	3	mm
F	3	mm

diambil nilai t yang paling besar, maka
t geladak = 5 mm

Rekapitulasi tebal pelat keseluruhan :

	A	M	F	Diambil	Unit
Pelat alas	6	6	6	6	mm
Pelat sisi	6	5	6	6	mm
Pelat geladak	5	5	5	5	mm

untuk memudahkan dalam perhitungan berat baja lambung kapal, maka tebal pelat yang digunakan untuk pembangunan kapal *public catamaran boat* ini adalah

Tebal pelat alas dan sisi = **6 mm**

Tebal pelat geladak = 5 mm

Equipment & Outfitting

1. Kursi Penumpang

Jumlah kursi	=	50 unit
Massa Jenis	=	600 kg/m ³
Panjang	=	1.4 m
Tebal	=	0.03 m
Lebar	=	0.5 m
Volume	=	0.021 m ³
Berat kursi	=	6.1 kg
Berat Total	=	305 kg



Marine/boat/ship genuine leather/ fabric/PU passenger seat

EX18 Price: US \$100 - 120 / Set | [Get Latest Price](#)

Min Order Quantity: 1 Set/Sets

Supply Ability: 100000 Set/Sets per Year

Port: Shanghai

Payment Terms: L/C,T/T,Western Union

[Contact Supplier](#) [Leave Messages](#)

[Start Order](#) [Add to Inquiry Cart](#) [Add to My Favorites](#)

[This supplier accepts Trade Assurance](#)

2. Jangkar

Pemilihan jangkar mengacu pada perhitungan Z number.

$$Z = \Delta^{(2/3)} + 2hB + 0,1A$$

ref : *Buku Ship Outfitting*

Dimana :

Z	=	Z Number		
Δ	=	Moulded Displacement	=	20 ton
h	=	Freeboard	=	1.668 m
B	=	Lebar	=	3.41 m
A	=	Luasan di atas sarat		
		Luasan deck	=	70.7563 m ²
		Luasan atap	=	70.7563 m ²
		Luasan total	=	141.513 m ²
Z	=	32.8951		

Dari katalog jangkar di BKI vol.2 tahun 2009, dapat ditentukan berat dan jumlah jangkar dengan Z number 26,42295 yakni :

Jumlah = 2 unit
Berat min = 40 kg

Sementara itu dari website http://www.alibaba.com/product-detail/Boat-Yacht-Ship-Buoy-SS316-Stainless_360942375.html didapatkan jangkar dengan



Stainless steel 4 Fluke Anchor

Quick Details

Material:	Stainless Steel	Design:	Bruce Anchor	Certification:	LR
Weight (kg):	< 10000kg	Weight:	5KG-200KGS	Finish:	Surface Polish
Cert.:	CCS, ABS, LR, GL, NK, RS, DNV, KR, BV, RINA	Main Used:	Yacht, Sailing ship, Fishing boat		

Maka, jangkar yang dipilih dengan ialah :

Berat = 50 kg
jumlah = 2 unit
Berat total = 100 kg

3. Peralatan Navigasi dan Perlengkapan Lainnya

Belum ditemukan formula tentang perhitungan peralatan navigasi, sehingga beratnya diasumsikan sebesar = 100 kg

Perhitungan Berat Kapal (DWT dan LWT)

Berat Kapal Bagian DWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Penumpang dan Barang Bawaan		
	Jumlah penumpang	50	persons
	Berat penumpang	75	kg/person
	Berat barang bawaan	5	kg/person
	Berat total penumpang	3750	kg
	Berat total barang bawaan penumpang	250	kg
	Berat total	4000	kg
		4.000	ton
2	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan		
	Jumlah crew kapal	4	persons
	Berat crew kapal	75	kg/persons
	Berat barang bawaan	5	kg/persons
	Berat total crew kapal	300	kg
	Berat total barang bawaan crew kapal	20	kg
	Berat total	320	kg
		0.320	ton
3	Berat bahan bakar untuk Generator Set	0.584	ton
Total Berat Bagian DWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Value	Unit
1	Berat Penumpang dan Barang Bawaan	4.000	ton
2	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan	0.320	ton
3	Berat Bahan Bakar untuk Genset	0.584	ton
Total		4.904	ton

Berat Kapal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal		
	<i>Dari software Maxsurf Pro & Autocad, didapatkan luasan permukaan lambung kapal</i>		
	Luas dua lambung	82477830.88	mm ²
		82.478	m ²
	Luasan transom bagian belakang	7904792.012	mm ²
		7.905	m ²
	Luas tunnel	69291634.940	mm ²
		69.292	m ²
	Total luasan lambung kapal	159.674	m ²
	Tebal pelat lambung	5	mm
		0.005	m

	Volume shell plate = luas x tebal	0.798	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	6264.300	kg
		6.264	ton
2	Berat Geladak (deck) Kapal		
	<i>Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan geladak kapal</i>		
	Total luasan geladak kapal	94756325.575	mm ²
	Total luasan geladak kapal	94.756	m ²
	Tebal pelat geladak	5	mm
		0.005	m
	Volume shell plate = luas x tebal	0.474	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	3719.186	kg
		3.719	ton
3	Berat Konstruksi Lambung Kapal		
	<i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 20% - 25% dari berat baja lambung kapal (diambil 20%)</i>		
	Berat baja lambung + geladak kapal	9.983	ton
	20% dari berat baja kapal	1.997	ton
	Berat Konstruksi Total	1.997	ton
4	Berat Railing		
	<i>Panjang railing didapatkan dari pengukuran railing dari rancangan umum material railing menggunakan pipa aluminium dengan tebal 2 mm</i>		
	Panjang Railing	114.000	m
	Diameter pipa	0.050	m
	Tebal pipa	2.000	mm
		0.002	m
	Luas permukaan railing	17.907	m ²
	Volume railing = luas x tebal	0.036	m ³
	<i>r</i> aluminium	2.7	gr/cm ³
		2700	kg/m ³
	Berat Total	96.698	kg
		0.097	ton
5	Berat Tiang Penyangga		
	<i>Tiang Penyangga dipasang di setiap jarak gading besar</i>		
	<i>material tiang menggunakan pipa aluminium dengan tebal 3 mm</i>		
	Tinggi Tiang	2.000	m
	Jumlah Tiang	10.000	
	Diameter Pipa	0.050	m

	Tebal pipa	0.003	m
	Luas permukaan tiang	3.142	m ²
	Volume Tiang	0.009	
	<i>r</i> aluminium	2700.000	kg/m ³
	Berat Total	25.450	kg
		0.025	ton
6	Equipment & Outfitting		
	Berat Kursi Penumpang	6.100	kg
	Jumlah kursi	50	
	Berat total kursi	305.000	kg
	Jangkar	100.000	kg
	Peralatan Navigasi	100.000	kg
	Berat Total	505.000	kg
		0.505	ton
7	Berat Atap Kapal		
	<i>Material atap menggunakan polycarbonate dengan tebal 2 mm</i>		
	<i>Luasan atap didapat dari pengukuran dengan software AutoCAD</i>		
	Luas atap kapal	78400000	mm ²
		78.400	m ²
	Tebal polycarbonate	2.000	mm
		0.002	m
	Volume atap = luas x tebal	0.157	m ³
	<i>r</i> polycarbonate	1.2	gr/cm ³
		1200	kg/m ³
	Berat Total	188.160	kg
		0.188	ton
8	Berat Kaca Polycarbonate		
	<i>Luasan kaca didapat dari pengukuran dengan software AutoCAD</i>		
	Luas kaca	78400000	mm ²
		78.400	m ²
	Tebal polycarbonate	3.000	mm
		0.003	m
	Volume kaca = luas x tebal	0.235	m ³
	<i>r</i> polycarbonate	1.2	gr/cm ³
		1200	kg/m ³
	Berat Total	282.240	kg
		0.282	ton
9	Genset		
	Berat	389.000	kg
	jumlah	2.000	unit
	Berat Total	778.000	kg
		0.778	ton

10	Berat Inboard Motor		
	<i>Diambil dari katalog Volvo</i>		
	Jumlah Inboard motor	2	unit
	Berat Inboard motor	301.000	kg/unit
	Berat Total	602.000	kg
		0.602	ton

Total Berat Bagian LWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal	6.267	ton
2	Berat Geladak (deck) Kapal	3.719	ton
3	Berat Konstruksi Lambung Kapal	1.997	ton
4	Berat Railing	0.097	ton
5	Tiang Penyangga	0.025	ton
6	Equipment & Outfitting	0.505	ton
7	Berat Atap Kapal	0.188	ton
8	Berat Kaca Polycarbonate	0.282	ton
9	Berat Inboard Motor	0.602	ton
10	Generator Set (Genset)	0.778	ton
Total		14.461	ton

Total Berat Kapal (DWT + LWT)			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Berat Kapal Bagian DWT	4.904	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	14.461	ton
Total		19.365	ton

Titik Berat kapal

Lwl	=	17.02	m	
Lpp	=	17.02	m	
B	=	9.92	m	
B1	=	1.705	m	
H	=	2.5	m	
T	=	0.832	m	
S	=	6.51	m	
Δ	=	20000.0	kg	
LCB	=	-3.265	m	dari Midship
C_B	=	0.380559		

Titik Berat Hull

Ref : Parametric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan hal 11-22

Berat 1 lambung	=	1618.627	kg	
$LCG_{1 \text{ lambu}}$	=	-0.15 + LCB		
	=	-3.415	m	dari Midship
$VCG_{1 \text{ lambu}}$	=	$0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C_B) \cdot (L/D)^2) + 0.008D(L/B - 6.5)$		
	=	1.233918	m	dari baseline
Berat Tunel	=	2719.697	kg	
LCG_{Tunel}	=	0	m	dari Midship
VCG_{tunel}	=	1.3	m	dari baseline
LCG_{hull}	=	$\frac{2 \times (-1.385 \times 1383.127) + (0 \times 1699.197)}{(2 \times 1383.127) + 1699.197}$		
	=	-1.85585	m	dari Midship
VCG_{hull}	=	$\frac{2 \times (0.96957 \times 1383.127) + (1.3 \times 1699.197)}{(2 \times 1383.127) + 1699.197}$		
	=	1.264088	m	dari baseline

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
6267.215	-1.856	1.264	3719.186	0.000	2.000	1997.280	-1.856	1.264

ATAP KAPAL			KACA POLYCARBONATE			2 Generator		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
188.160	0.000	4.500	282.240	-6.000	4.500	778.000	-4.000	1.000

			Equipment			Tiang Penyangga		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
0	0.00	0.00	505	0.00	2.00	25.4469	-1.00	2.00

RAILING						2 Motor		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
96.698	-1.000	2.000	0.000	0.000	0.000	602	-6.25	2.00

TOTAL LWT		
Berat	LCG	VCG
14461.23	-1.662	1.607

DWT						
Penumpang				Crew		
n	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
50	4000	-0.750	2.000	320	5.000	2.000

Bahan Bakar		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
584	-3.000	0.300

TOTAL DWT		
Berat	LCG	VCG
4904	-0.643	1.798

BERAT TOTAL			DISPLACEMENT			SELISIH		CHECK DISPLACE
[kg]	LCG [m]	VCG [m]	[kg]	LCB [m]	VCB [m]	[kg]	%	OK
19365.23	-1.404	1.655	20000.0	-3.265	0.5978	634.883	3.17%	

Perhitungan Lambung Timbul

Kapal wisata katamaran merupakan kapal dengan panjang kurang dari 24 m. Sehingga untuk menghitung lambung timbul tidak dapat menggunakan ketentuan *Internasional Convention on Load Lines (ICLL)* 1966. Oleh sebab itu, perhitungan lambung timbul *public catamaran boat* menggunakan aturan *Non-Convention Vessel Standart (NCVS) Indonesian Flagged*.

Input Data

H	=	2.5 m	∇	=	9.76 m ³
d	=	0.85 · H	B ₁	=	1.705 m
	=	2.125 m	C _B	=	/(L·B·d)
L	=	Lwl			
	=	17.02 m		=	0.1582
L	=	17.02 m			

1. Tipe Kapal

(NCVS) Indonesian Flagged - Chapter 6 Section 5.1.2 menyebutkan bahwa :

Kapal Tipe A adalah :

- Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair
- Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka.
- Kapal yang memiliki tingkat keselamatan yang tinggi terhadap banjir.

Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.

Sehingga kapal wisata katamaran termasuk kapal **Tipe B**

2. Lambung Timbul Standar (Fb₁)

Fb ₁	=	0,8 L cm	Untuk kapal dengan L < 50 m
Fb ₁	=	13.616 cm	
	=	0.1362 m	

II. Lambung Timbul Awal (fb) untuk kapal Type B
fb = 0,8 L cm, untuk L sampai dengan 50 m
fb = (L/10)² + (L/10) + 10 cm, untuk L lebih dari 50 m
Catatan : L adalah panjang kapal dalam meter

Koreksi

1. Koefisien Block

Koreksi C_B hanya untuk kapal dengan C_B > 0.68

C _B	=	0.1582	Tidak ada koreksi
----------------	---	--------	-------------------

2. Depth (D)

L/15	=	1.13467
D	=	2.5 m

jika, D < L/15 ; tidak ada koreksi

jika, D > L/15 ; lambung timbul standar ditambah dengan 20 (D - L/15) cm

D	>	L/15	maka,
Koreksi	=	20 (2 - 0,864)	
	=	27.3067 cm	= 0.273067 m
Fb ₂	=	0.4092 m	

3. Koreksi Bangunan Atas

Kapal tidak memiliki bangunan atas, maka tidak ada koreksi bangunan atas.

Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas = 0

Total Lambung Timbul

$$\begin{aligned} F_b' &= F_{b2} - \text{Pengurangan} \\ &= 0.41 \text{ m} \end{aligned}$$

Ketinggian Bow Minimum (B_{WM})

Persyaratan tinggi *bow minimum* tidak disyaratkan untuk kapal dengan panjang kurang dari 24 meter.

Sehingga tidak ada peraturan untuk tinggi bow minimum.

Batasan

1. Lambung Timbul Sebenarnya

$$\begin{aligned} F_b &= H - T \\ &= 1.668 \text{ m} \end{aligned}$$

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total

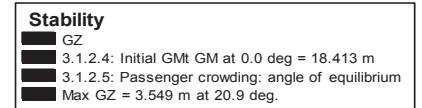
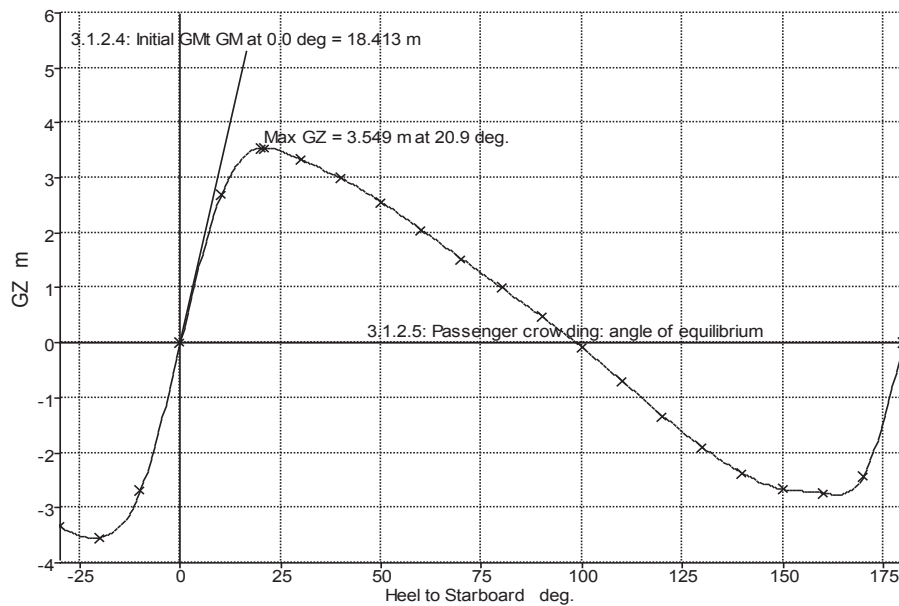
Kondisi = Diterima

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang Syaratkan	0.41	m
Lambung Timbul Sebenarnya	1.668	m
Kondisi	Diterima	

STABILITAS

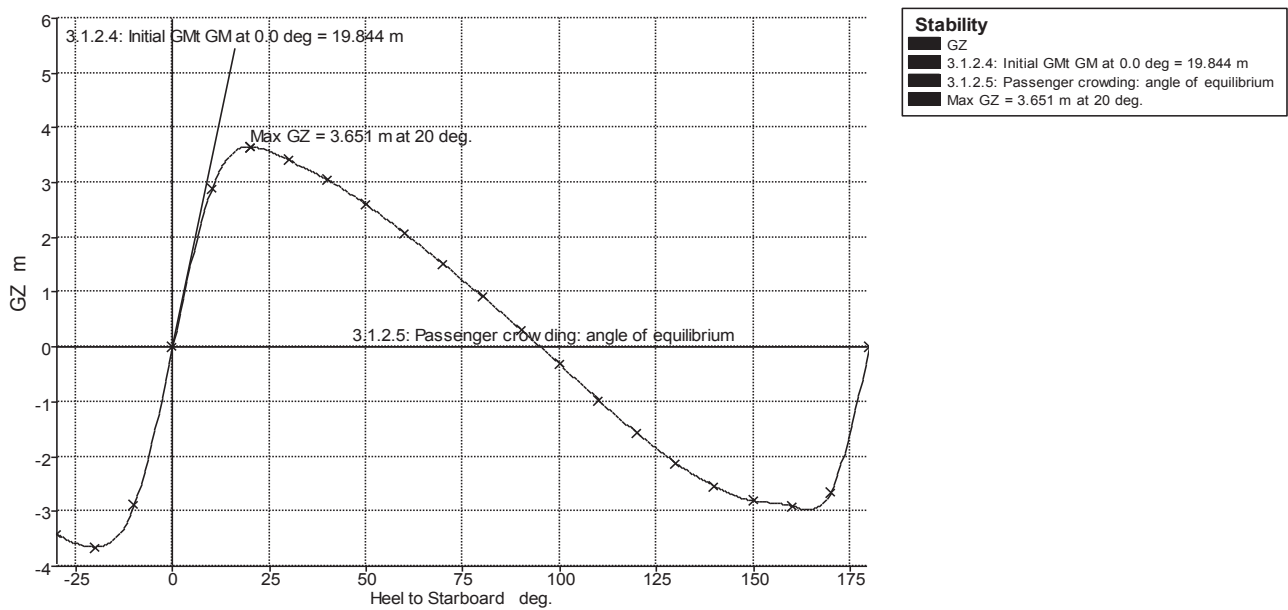
Rekapitulasi Kriteria Stabilitas kapal katamaran Load Case 100%

Criteria	Value	Units	Actual	Status
Area 0 to 30	0.0550	m.rad	1.4271	Pass
Area 0 to 40	0.0900	m.rad	1.9802	Pass
Area 30 to 40	0.0300	m.rad	0.5531	Pass
Max GZ at 30 or greater	0.200	m	3.337	Pass
Angle of maximum GZ	15.0	deg	20.9	Pass
Initial GMt	0.350	m	18.413	Pass
Passenger crowding: angle of equilibrium	10.0	deg	3.5	Pass



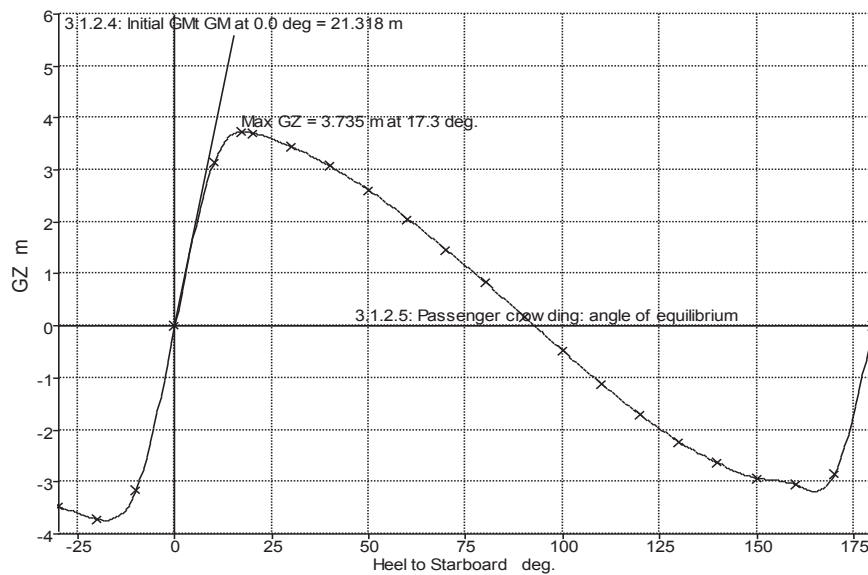
Rekapitulasi Kriteria Stabilitas kapal katamaran Load Case 75%

Criteria	Value	Units	Actual	Status
Area 0 to 30	0.0550	m.rad	1.4938	Pass
Area 0 to 40	0.0900	m.rad	2.0591	Pass
Area 30 to 40	0.0300	m.rad	0.5652	Pass
Max GZ at 30 or greater	0.200	m	3.414	Pass
Angle of maximum GZ	15.0	deg	20.0	Pass
Initial GMt	0.350	m	19.844	Pass
Passenger crowding: angle of equilibrium	10.0	deg	3.4	Pass



Rekapitulasi Kriteria Stabilitas kapal katamaran Load Case 50%

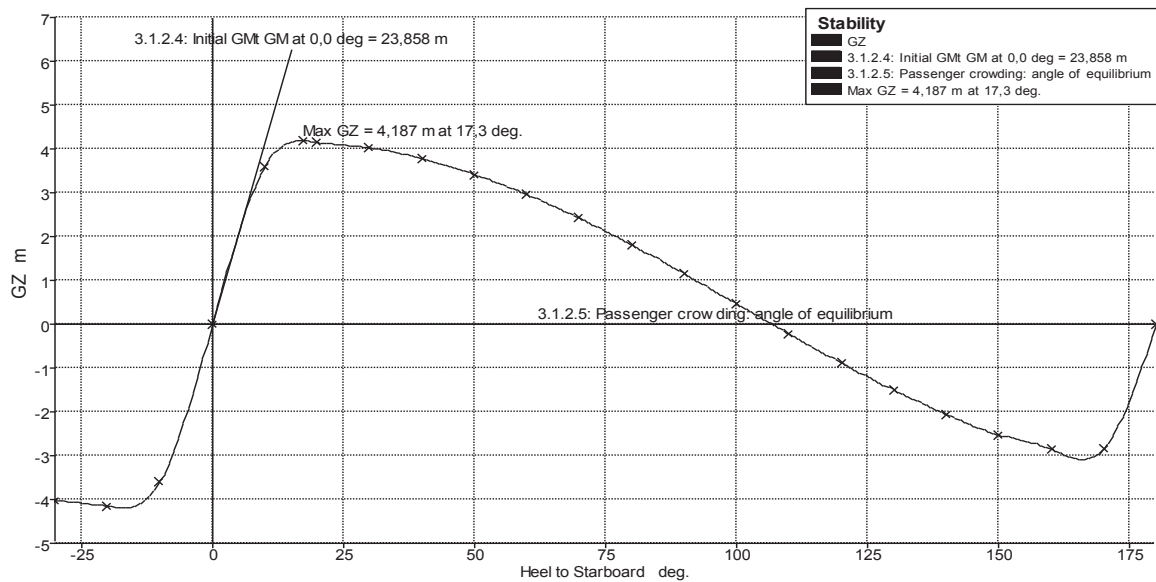
Criteria	Value	Units	Actual	Status
Area 0 to 30	0.0550	m.rad	1.5586	Pass
Area 0 to 40	0.0900	m.rad	2.1302	Pass
Area 30 to 40	0.0300	m.rad	0.5716	Pass
Max GZ at 30 or greater	0.200	m	3.456	Pass
Angle of maximum GZ	15.0	deg	17.3	Pass
Initial GMt	0.350	m	21.318	Pass
Passenger crowding: angle of equilibrium	10.0	deg	3.4	Pass



Stability	
■	GZ
■	3.1.2.4: Initial GMt GM at 0.0 deg = 21.318 m
■	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
■	Max GZ = 3.735 m at 17.3 deg.

Tabel V.4 Rekapitulasi Kriteria Stabilitas kapal katamaran Load Case 10%

Criteria	Value	Units	Actual	Status
Area 0 to 30	0.0550	m.rad	1.4586	Pass
Area 0 to 40	0.0900	m.rad	2.0302	Pass
Area 30 to 40	0.0300	m.rad	0.5814	Pass
Max GZ at 30 or greater	0.200	m	4,028	Pass
Angle of maximum GZ	15,0	deg	17,3	Pass
Initial GMt	0,350	m	23,858	Pass
Passenger crowding: angle of equilibrium	10,0	deg	3.2	Pass



LAMPIRAN B : ANALISIS EKONOMIS

Building Cost

Baja Kapal & Elektroda	No	Item	Value	Unit
	1	Lambung Kapal (hull)		
		(tebal pelat lambung = 6 mm, jenis material = baja)		
		Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2015 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)		
		Harga	492.00	USD/ton
		Berat hull	6.27	ton
		Harga Lambung Kapal (hull)	3083.47	USD
	2	Geladak Kapal (deck)		
		(tebal pelat geladak = 5 mm, jenis material = baja)		
		Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2015 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)		
		Harga	492.00	USD/ton
		Berat geladak	3.72	ton
		Harga Lambung Kapal (deck)	1829.84	USD
	3	Konstruksi Lambung		
		Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2015 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)		
		Harga	492.00	USD/ton
		Berat konstruksi	1.997	ton
		Harga Konstruksi Lambung	982.7	USD
	4	Elektroda		
		(diasumsikan 6% dari berat baja kapal)		
		Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com		
		Harga	0	USD/ton
		Berat baja kapal total (hull, deck, konst)	1.198	ton
		Harga Elektroda	0	USD
	Total Harga Baja Kapal		5896	USD

Equipment & Outfitting	No	Item	Value	Unit
	1	Railing dan Tiang Penyangga		
		(pipa aluminium d = 50 mm, t = 3 mm)		
		Sumber: www.metaldepot.com		
		Harga	35.00	USD/m
		Panjang railing dan tiang penyangga	134.00	m
		Harga Railing dan Tiang Penyangga	4,690	USD
	2	Atap Kapal		
		(polycarbonate solid clear, t = 2 mm)		
		Sumber: http://www.sheetplastics.co.uk		
		Harga	45.2	USD/m ²
		Luas atap kapal	94.76	m ²
		Harga Polycarbonate	4,283	USD

	3	Kaca Polycarbonate	
		<i>(kaca polycarbonate, t = 3 mm)</i>	
		<i>Sumber: www.alibaba.com/product-detail/FLOAT-Glass-TEMPERED.html</i>	
		Harga	USD/m ²
		Luas atap kapal	m ²
		Harga Kaca Polycarbonate	USD
	4	Kursi Penumpang	
		<i>Sumber: www.alibaba.com</i>	
		Jumlah	unit
		Harga per unit	USD
		Harga Kursi	USD
	5	Jangkar	
		Jumlah	unit
		Harga per unit	USD
		Harga jangkar	USD
	6	Peralatan Navigasi & Komunikasi	
		a. Peralatan Navigasi	
		Radar	USD
		Kompas	USD
		GPS	USD
		Lampu Navigasi	
		- Masthead Light	USD
		- Anchor Light	USD
		- Starboard Light	USD
		- Portside Light	USD
		Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)	USD
		Automatic Identification System (AIS)	USD
		Telescope Binocular	USD
		Harga Peralatan Navigasi	
		b. Peralatan Komunikasi	
		Radiotelephone	
		Jumlah	Set
		Harga per set	USD
		Harga total	USD
		Digital Selective Calling (DSC)	
		Jumlah	Set
		Harga per set	USD
		Harga total	USD
		Navigational Telex (Navtex)	
		Jumlah	Set
		Harga per set	USD
		Harga total	USD
		EPIRB	
		Jumlah	Set

		Harga per set	110	USD
		Harga total	110	USD
		SART		
		Jumlah	2	Set
		Harga per set	450	USD
		Harga total	900	USD
		SSAS		
		Jumlah	1	Set
		Harga per set	19,500	USD
		Harga total	19,500	USD
		Prortable 2-way VHF Radiotelephone		
		Jumlah	2	Unit
		Harga per unit	87	USD
		Harga total	174	USD
		Harga Peralatan Komunikasi	33,542	
		Total Harga Equipment & Outfitting	74954	USD

Tenaga Penggerak	c	Item	Value	Unit
	1	Inboard Motor		
		<i>(dua unit Inboard motor Volvo)</i>		
		Jumlah inboard motor	2	unit
		Harga per unit	37560	USD/unit
		Shipping Cost	500	USD
		Harga Inboard Motor	75620	USD
	2	Komponen Kelistrikan		
		<i>saklar, kabel, dll</i>		
		Diasumsikan sebesar	500	USD
		Harga Komponen Kelistrikan	500	USD
	3	Genset		
		<i>(2 unit Genset merk Caterpillar Tipe C2.2)</i>		
		Jumlah Genset	2	unit
		Harga per unit	7995	USD/unit
		Shipping Cost	0	USD
		Harga Genset	15990	USD
		Total Harga tenaga penggerak	92110	USD

Biaya Pembangunan			
No	Item	Value	Unit
1	Baja Kapal dan Elektroda	8923	USD
2	Equipment dan Outfitting	74954	USD
3	Tenaga Penggerak	92110	USD
Total Harga (USD)		175988	USD
Kurs Rp - USD (per 1 Desember 2015, BI)		13854	Rp/USD
Total Harga (Rupiah)		2,438,131,375.52	Rp

Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

sumber: Tugas Akhir "Studi Perancangan Trash-Skimmer Boat Di Perairan Teluk Jakarta", 2012

Koreksi Ekonomi	No	Item	Value	Unit
	1	Keuntungan Galangan		
		5% dari biaya pembangunan awal		
		Keuntungan Galangan	121,906,568.78	Rp
	2	Biaya Untuk Inflasi		
		2% dari biaya pembangunan awal		
		Biaya Inflasi	48,762,627.51	Rp
	3	Biaya Pajak Pemerintah		
		10% dari biaya pembangunan awal		
		Biaya Dukungan Pemerintah	243,813,137.55	Rp
Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi			414,482,333.84	Rp

Jadi, total harga kapal adalah

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya Pembangunan} + \text{Profit Galangan} + \text{Biaya Inflasi} - \text{Bantuan Pemerintah} \\
 &= 2,438,131,376 + 121,906,569 + 48,762,628 + 243,813,138 \\
 &= \text{Rp} \quad \quad \quad \mathbf{2,852,613,709.36}
 \end{aligned}$$

Operasional Cost

Bank Mandiri

Cash Loan
Kredit Investasi
Kredit investasi adalah kredit jangka menengah/panjang yang diberikan kepada (calon) debitur untuk membiayai barang-barang modal dalam rangka rehabilitasi, modernisasi, perluasan ataupun pendirian proyek baru, misalnya untuk pembelian mesin-mesin, bangunan dan tanah untuk pabrik, yang pelunasannya dari hasil usaha dengan barang-barang modal yang dibiayai.
Ketentuan :
<ul style="list-style-type: none"> • Mempunyai Feasibility Study. • Mempunyai izin-izin usaha, misalnya SIUP, TDP, dll. • Maksimum jangka waktu kredit 15 tahun dan masa tenggang waktu (Grace Period) maksimum 4 tahun. • Agunan utama adalah usaha yang dibiayai. Debitur menyerahkan agunan tambahan jika menurut penilaian Bank diperlukan. • Maksimum pembiayaan bank 65% dan Self Financing (SF) 35%.
Bunga :
Suku bunga kredit 13,5 % *)

Pinjaman Bank

Biaya	Nilai	Unit
Building Cost	2,852,613,709	Rp
Pinjaman dari Bank	65%	
Pinjaman	1,854,198,911	Rp
Bunga Bank	13.5%	Per tahun
Nilai Bunga Bank	250,316,853	Per tahun
Masa Pinjaman	4	Tahun
Pembayaran Cicilan Pinjaman	1	Per Tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	713,866,581	Rp

Biaya Perawatan

Diasumsikan 10% total dari building cost

Total maintenance cost Rp 285,261,371 per tahun

Asuransi

Diasumsikan 2% total dari building cost

Biaya asuransi Rp 57,052,274 per tahun

Gaji Crew Kapal

Jumlah crew kapal 4 orang

Gaji crew kapal per bulan Rp 3,500,000 per orang

Gaji crew kapal per tahun Rp 42,000,000 per orang

Gaji Total Crew Rp 168,000,000

Bahan Bakar Diesel			
Asumsi Operasional Diesel		8	jam/hari
Kebutuhan Bahan Bakar		10.4	liter/jam
Harga bahan bakar	Rp	20,000	per liter
Harga bahan bakar	Rp	1,664,000	per hari
Harga bahan bakar	Rp	49,920,000	per bulan
Harga bahan bakar	Rp	599,040,000	per tahun

OPERATIONAL COST			
Biaya		Nilai	Masa
Cicilan Pinjaman	Rp	713,866,581	per tahun
Gaji Crew	Rp	168,000,000	per tahun
Biaya Perawatan	Rp	285,261,371	per tahun
Asuransi	Rp	57,052,274	per tahun
Bahan Bakar Diesel	Rp	599,040,000	per tahun
Total	Rp	1,823,220,226	per tahun

Perhitungan Biaya Investasi

Building Cost	Rp	2,852,613,709
Operational Cost	Rp	1,823,220,226 per tahun
	Rp	4,995,124 per hari

Revenue

Menurut keterangan Koordinator Staf layanan Jasa Pemeliharaan lingkungan Badan layanan Umum Daerah Unit pelayanan Teknis Dinas kawasan Konservasi perairan Karimun Jawa, Amy Sarta, menjelaskan bahwa kunjungan wisatawan Karimun Jawa mengalami high seasons pada bulan Oktober hingga Maret dengan peak seasons pada Desember hingga Januari. Sementara pada bulan April hingga September mengalami low seasons.

Perencanaan Trip

Bulan	Trip per Hari	Jumlah Hari	Trip per Bulan
Oktober	2	27	54
November	2	26	52
Desember	2	27	54
Januari	2	27	54
Februari	2	25	50
Maret	2	27	54
April	2	26	52
Mei	2	27	54
Juni	2	26	52
Juli	2	27	54
Agustus	2	27	54
September	2	26	52
Perencanaan Trip Dalam 1 Tahun			636

Kapasitas maksimal kapal 50 Orang

Perencanaan Harga Tiket 1 Kali Trip

Rute	Jumlah Penumpang	Harga Tiket	Pendapatan
Paket Karimun Jawa	50	Rp 75,000	Rp 3,750,000
Total Pendapatan 1 kali Trip			Rp 3,750,000
Total Pendapatan 1 hari (2 kali Trip)			Rp 7,500,000

Revenue per trip	Rp	3,750,000
Revenue per hari	Rp	7,500,000
Revenue per tahun	Rp	4,770,000,000

Perhitungan NPV

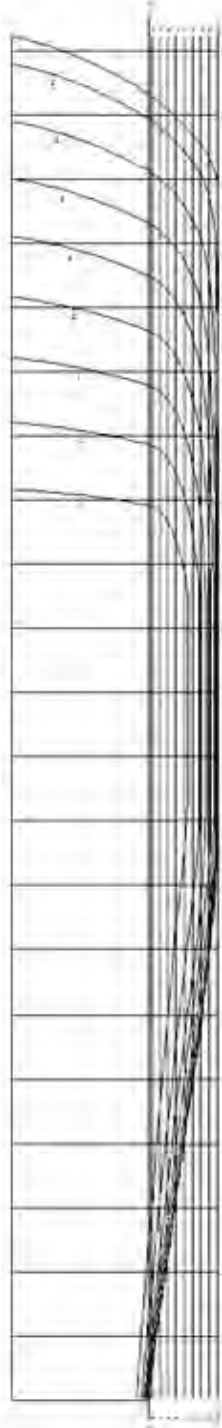
Tahun	Cash Flow			Comulative
	Cash Inflow	Cash Outflow	Net Cashflow	
0	-2,852,613,709.35		-2,852,613,709	-2,852,613,709
1	4,770,000,000.00	-1,823,220,226	2,946,779,774	94,166,065
2	4,770,000,000.00	-1,823,220,226	2,946,779,774	3,040,945,839
3	4,770,000,000.00	-1,823,220,226	2,946,779,774	5,987,725,613
4	4,770,000,000.00	-1,823,220,226	2,946,779,774	8,934,505,387

Bunga Bank = **10%**
NPV = Rp 9,406,567,688
IRR = 80%

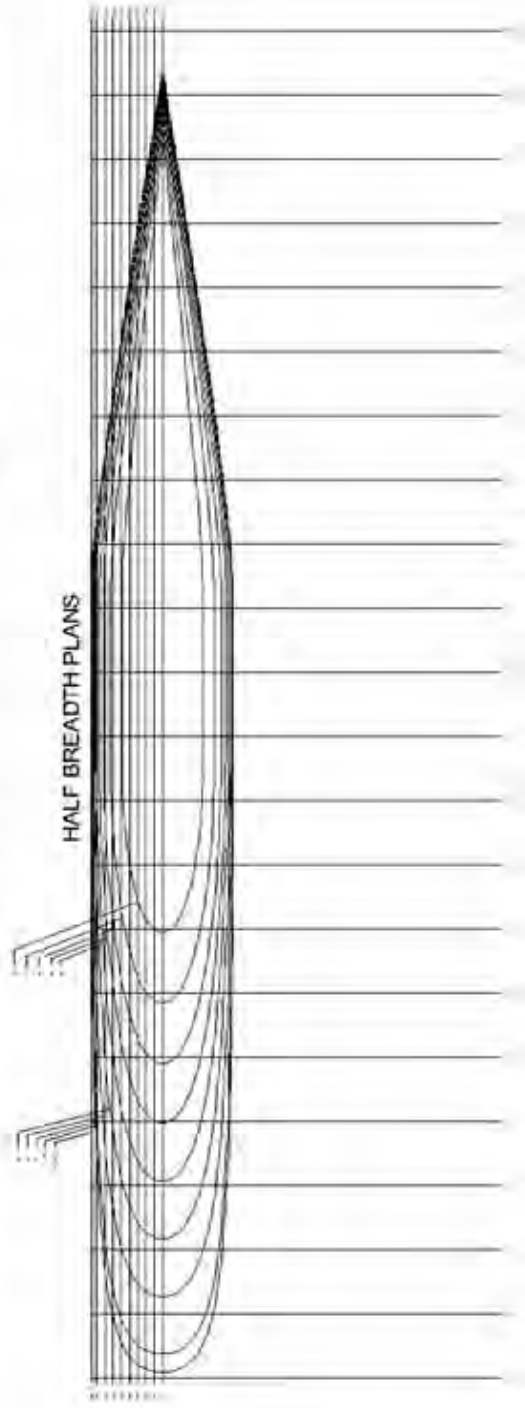
Karena nilai NPV > 0, maka investasi proyek ini **LAYAK** dilakukan

**LAMPIRAN C : LINES PLAN, GENERAL ARRANGEMENT,
GAMBAR 3 DIMENSI**

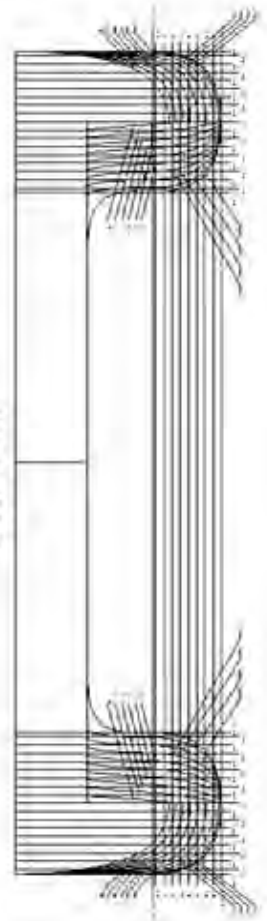
SHEER PLANS



HALF BREADTH PLANS

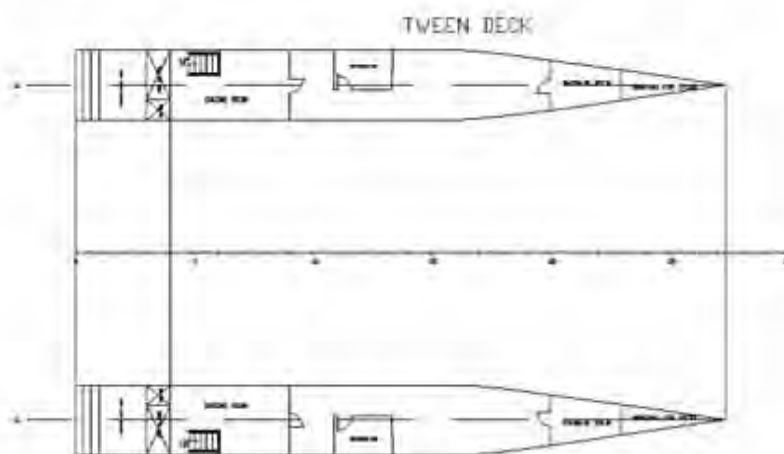
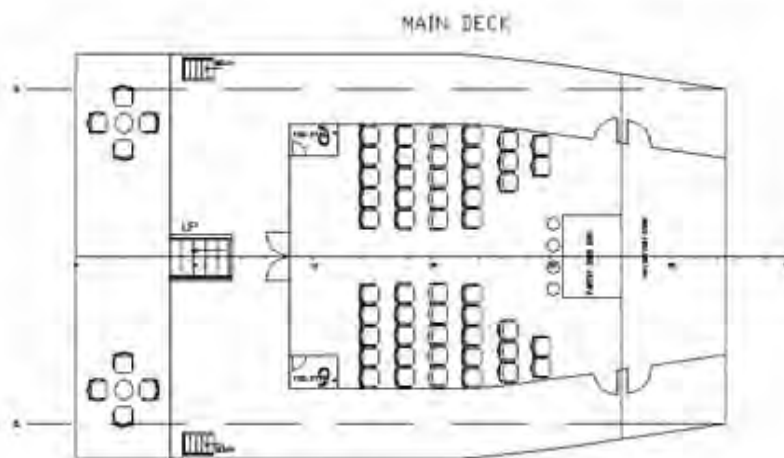
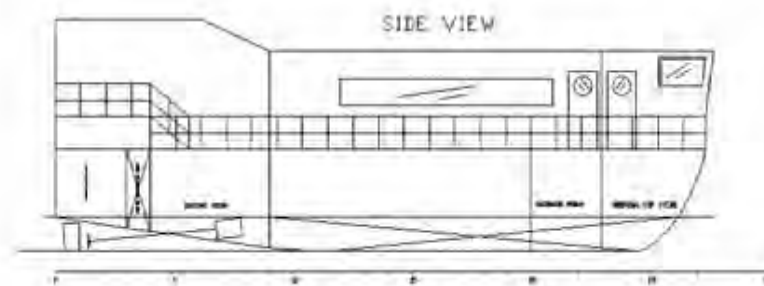


BODY PLANS



SHIP PARTICULARS	
NAME OF VESSEL	KATAMARAN
DESIGN NO.	100
DESIGNER	DR. S. S. S. S. S.
DATE	10/10/10
SCALE	1:100
BY	DR. S. S. S. S. S.
CHECKED BY	DR. S. S. S. S. S.
APPROVED BY	DR. S. S. S. S. S.

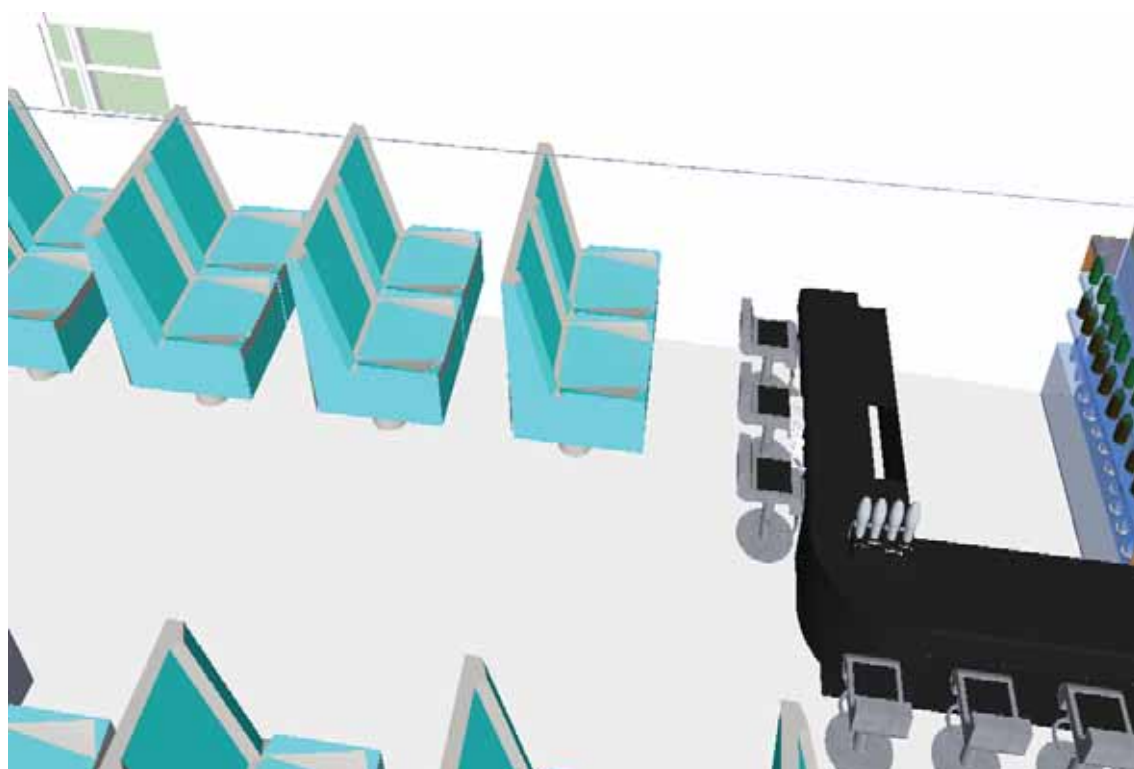
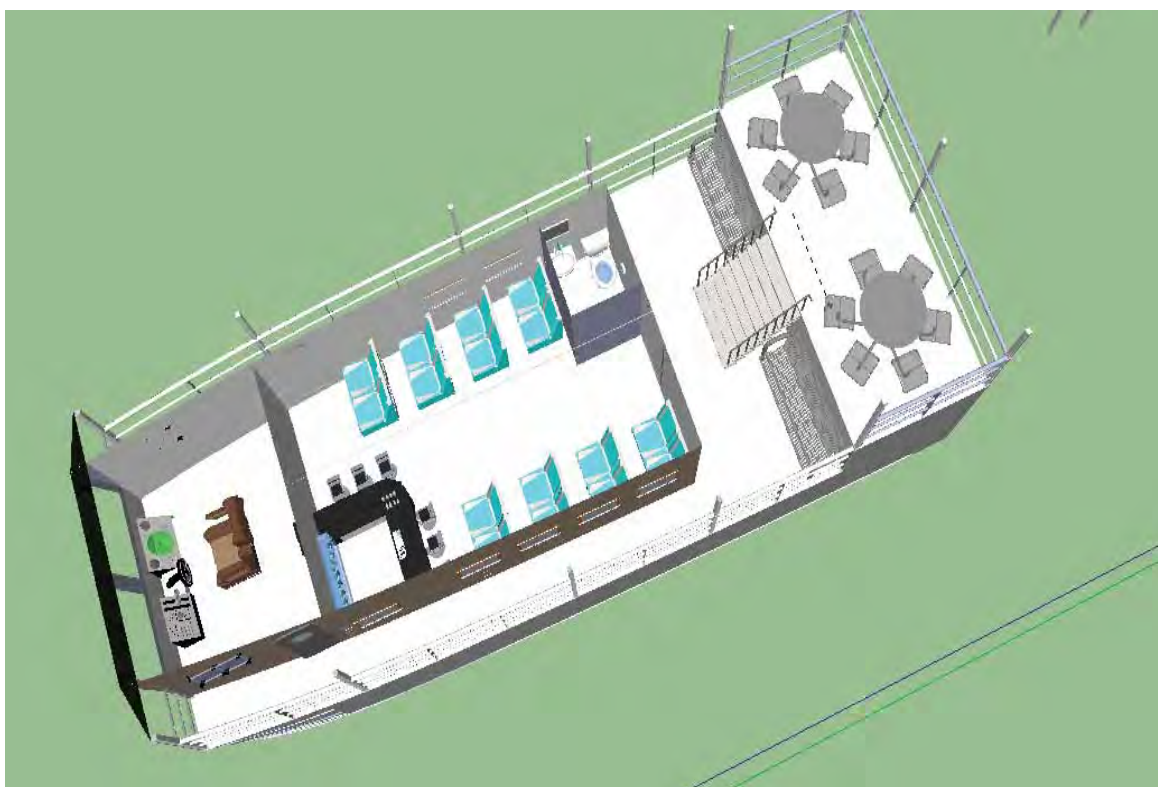
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE	
KATAMARAN	
LINES PLAN	
DATE	10/10/10
BY	DR. S. S. S. S. S.
CHECKED BY	DR. S. S. S. S. S.
APPROVED BY	DR. S. S. S. S. S.



MAIN SECTION	
KATAMARAN	
LOWER HULL HEIGHT	1.800 m
LOWER HULL LENGTH	17.000 m
SEAT 21 HULL	1.800 m
SEAT 21 HULL	1.700 m
SEAT 1 HULL	1.350 m
SEAT 1 HULL	1.350 m
SEAT 1 HULL	1.350 m
SEAT 1 HULL	1.350 m

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE	
FACULTY OF ENGINEERING	
KATAMARAN	
GENERAL ARRANGEMENT	
DATE	20/01/2020
BY	DR. H. H. H. H.
FOR	DR. H. H. H. H.





BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

VII.1. Kesimpulan

Dari analisis, perhitungan teknis, dan proses optimisasi mengenai kapal wisata katamaran yang beroperasi di perairan Karimun Jawa yang telah dilakukan pada tahapan sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Didapatkan ukuran utama optimal kapal, yaitu :

Loa	=	18,072	m
Lwl	=	17,02	m
B	=	9,92	m
B ₁	=	1,705	m
H	=	2,5	m
T	=	0,832	m
S	=	6,51	m
Vs max	=	15	knot
Vs dinas	=	12	Knot
Crew	=	4	person
Passangers	=	50	person

2. Rencana garis dan rencana umum yang sesuai dengan karakteristik perairan Karimunjawa dapat dilihat dilampiran.
3. Dari analisis ekonomi yang sudah dilakukan, maka didapatkan hasil antara lain sebagai berikut :
 - Harga pokok produksi = Rp 2.438.131.375,52
 - Harga jual kapal = Rp 2.852.613.709,35
 - Nilai NPV = Rp 9,406,567,688
 - IRR = 80 %
 - Angsuran per tahun = Rp 713.866.581,-
 - Jumlah bunga total 4 tahun = Rp 1.001.267.411,98

DAFTAR PUSTAKA

- Aeroyacht (2012). *Aeroyacht.com*. Retrieved February 2013
- Anasthacia, M. N. (2015). *ANALISIS PERMINTAAN WISATAWAN NUSANTARA OBJEK WISATA TAMAN NASIONAL KARIMUNJAWA*. Semarang.
- Autal.com. (2013). Retrieved 2013, from Autal.com.
- Badan Meteorologi Dan Geofisika Wilayah III**. 2004. Arah Angin Dan Karakteristik Perairan Di Kepulauan Indonesia.
- Baer,R. (2012). *Indonesian Sailing Catamaran*. Jakarta
- BKI. (2009). *Biro Klasifikasi Indonesia Vol 2*. Jakarta: BKI.
- Departemen Kelautan dan Perikanan, Dirjen Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil**. 2004. Identifikasi dan Pembuatan Profil Pulau-Pulau Kecil. Semarang.
- Dinas Pariwisata Indonesia (2006), *Potensi Pariwisata Indonesia*
- Efendy,D. (2006) Analisis Teknis Perencanaan Kapal Patroli Cepat Dengan Bentuk Hull Catamaran. Surabaya,Jawa Timur, Indonesia: ITS Surabaya.
- Falcon, M. (2009). Frank Shallenberger of Dynaships.
- Molland, M., & Insel, A. F. (1992). An Investigation Into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans. *RINA*.
- Manen, J. D., & Oossanen, P. V. (1988). Principles of Naval Architecture. In E. V. Lewis, *Principles of Naval Architecture Second Revision* (p. 153). Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Nashrullah, F. D. (2013). Perancangan Awal Katamaran Sebagai Sarana Wisata di Kabupaten
- Parsons, M. G. (1999). *Parametric Design*. Cambridge: SNAME.
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Santosa, I.G.M (1999). *Diktat Kuliah Perencanaan Kapal*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sea Seek. (2015). *Sea-Seek.com*. Retrieved Februari 15, 2015, from Sea-Seek.com:
<http://www.sea-seek.com/tools/tools.php>
- Teggart, R. (1980). *Ship design and Contruction*. New York: Society of Naval Architecture and Marine Engineer.

- Watson, d. (1998). *Practical Ship Design* (Vol.1). (R. Bhattacharyya, Ed). Oxford: Elsevier.
- Watson, D. G., & Gilfillan, A. W. (1977). *Parametric Design*. Oxford: Transaction RINA.
- Wijnolst, N. (1996). *Design Innovation in Shipping*. Stevinweg: Delft University Pres.
- Wikipedia. (2004). *Catamaran*. Retrieved February 2013, from Wikipedia:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Catamaran>.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Mojokerto pada hari Sabtu tanggal 26 Juni 1993 dan merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Putra pasangan Bapak Subroto dan Ibu Sri Hari Mujiati ini menempuh pendidikan mulai dari TK Al-USmani pada tahun 1998-1999, Sekolah Dasar Negeri Kranggan 2 Mojokerto pada tahun 1999-2005, SMP Negeri 3 Kota Mojokerto pada tahun 2005-2008, dan SMA Negeri 1 Kota Mojokerto pada tahun 2008-2011. Setelah lulus dari jenjang SMA, penulis melanjutkan studinya ke tahap sarjana dan diterima di Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS Surabaya melalui jalur SNMPTN Tulis Bidik Misi. Di Jurusan Teknik Perkapalan, penulis mengambil program studi Rekayasa Perkapalan yang menitik beratkan bidang keahlian pada proses desain kapal.

Selama empat tahun masa studi, penulis juga banyak terlibat dalam kegiatan kampus yang menunjang pengembangan diri di luar kemampuan akademik. Penulis pernah menjabat sebagai Asisten Direksi Administrasi Umum Koperasi Mahasiswa ITS pada tahun 2013-2014. Penulis juga pernah menjadi Ketua Departemen Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan pada tahun 2014-2015. Dalam periode tersebut, penulis juga pernah menghasilkan prestasi Juara 1 *Business Plan Competition* KOPMA Dr. Angka ITS pada tahun 2013, Pendanaan PKM 5 Bidang oleh DIKTI tahun 2015, Juara 1 Lomba Karya Cipta Maritim Nasional tahun 2015, dan *Best Innovation on ICASTS* 2015. Selain mengikuti organisasi kampus, penulis juga aktif dalam kepanitiaan kegiatan-kegiatan kampus dari yang berskala Nasional hingga Internasional. Seperti Semarak Mahasiswa Perkapalan (SAMPAN) 7 dan 8 ITS, *International Conference on Ship and Offshore Technology* (ICSOT) 2015, dan beberapa kegiatan kampus lainnya.

Email : wisnuariantol2@gmail.com